

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA

À POLITÉCNICA

INSTITUTO SUPERIOR DE ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS DE NAMPULA

(ISEUNA)

Licenciatura em Engenharia Civil

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E ALVENARIA DE MOLDES ISOLANTES DE BETÃO (ICF)**

ABAS NORDINE ALY

NAMPULA, Junho de 2022

Abas Nordine Aly

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA
ESTRUTURAL E ALVENARIA DE MOLDES ISOLANTES DE BETÃO (ICF)**

Monografia apresentada ao Instituto Superior de Estudos Universitários de Nampula (ISEUNA), Universidade Politécnica, À Politécnica como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Orientador: Eng^o. Abel Crisóstomo Carlos.

Nampula, Junho de 2022

Parecer do Supervisor

O estudante **Abas Nordine Aly**, mostrou-se envolvido com as actividades deste trabalho e em relação ao desenvolvimento das actividades da pesquisa propostas pelo orientador e cumprimento do plano, deve-se ressaltar que o estudante mostrou interesse com a pesquisa ao ponto do presente trabalho reunir as condições aceitáveis para a sua defesa. Neste contexto, o seu desempenho geral pode ser qualificado como muito bom.

Orientador

(Eng^o Abel Crisóstomo Carlos)

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho de fim de curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu orientador, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no trabalho.

Declaro ainda que esta monografia nunca foi apresentada em nenhuma outra instituição académica para a obtenção de qualquer grau académico.

Nampula, 30 de Junho de 2022

(Abas Nordine Aly).

Dedicatória

Aos meus pais, Dionísia Come e Faustino Muquera, aos meus irmãos, Allen Muquera, Alanisse Muquera, Chana Aly e Yumina Aly pelo suporte durante todos esses anos de formação.

Agradecimento

À Deus, pai todo-poderoso pela bênção e vida que tem me proporcionado todos os dias, e por ter me conduzido durante toda minha vida académica.

À toda minha família, aos meus pais, tios, irmãos e primos, pelo amor, apoio e esforço incondicional e suporte durante esta minha jornada.

À minha namorada Palmira Dinis, por sempre estar do meu lado e compreender a minha dedicação a este trabalho.

Ao meu orientador, Engenheiro Abel Crisóstomos Carlos, pela confiança depositada na minha proposta de projecto, pelo tempo disponibilizado e pelos ensinamentos.

À todos os professores do curso de licenciatura em Engenharia Civil da Universidade Politécnica – ISEUNA, pela dedicação na transmissão do conhecimento com qualidade, e a todo departamento administrativo.

Aos senhores João Felipe e Victor Barreto da ICF Construtura Inteligente, empresa brasileira pela disponibilização de informações para a realização deste trabalho de pesquisa e pela atenção e carinho proporcionados, e a todas empresas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Civil, e à todos aqueles que tive oportunidade de dividir a mesma sala de aula, pelo convívio, ensinamento e cooperação mútua durante a minha jornada académica, o meu muito obrigado.

À todos meus amigos, pelo apoio e ajuda proporcionada nesta minha jornada académica.

À todos que directamente ou indirectamente contribuíram de alguma forma para a minha formação, meu muito obrigado.

Resumo

A indústria da construção civil se preocupa em encontrar alternativas de modo a melhorar os métodos tradicionais existentes para construção de edifícios e se preocupa com o custo, rapidez, desperdício de material e bom desempenho estrutural. O presente trabalho faz um estudo comparativo entre sistema construtivo de alvenaria estrutural que é caracterizado pelo uso de blocos de betão vazados que tem a função estrutural que dispensa o uso de vigas e pilares de betão armado, e o sistema construtivo que proporciona paredes feitas de poliestireno expandido (EPS) nas extremidades e no centro betão armado, designado por *Insulating Concrete Forms* (ICF). O estudo procurou mostrar a aplicabilidade dos sistemas construtivos, fazendo uma descrição dos principais tópicos como etapas construtivas, processo de fabrico, vantagens e desvantagens e principais características e composição, comparando-os sob ponto de vista técnico e económico, com a finalidade de obter o melhor sistema construtivo que tenha uma boa relação custo-benefício. Mediante aos resultados alcançados, constatou-se que o orçamento para a execução da alvenaria usando o sistema ICF é mais elevado, em torno de duas vezes que o orçamento para execução de alvenaria estrutural de blocos de betão. Entretanto, muitos aspectos como desperdício de material, orçamento geral da obra entre outros, variáveis que tornam o sistema ICF é mais atractivo por conta dos seus benefícios ao longo prazo, como o conforto térmico e acústico.

Palavras-chave: alvenaria, betão, estrutura, formas e sistemas.

Abstract

The construction industry is concerned with finding alternatives to improve existing traditional methods for building construction and is concerned with cost, speed, material waste and good structural performance. The present work makes a comparative study between the structural masonry construction system that is characterized using hollow concrete blocks that have the structural function that eliminates the use of reinforced concrete beams and pillars, and the constructive system that provides walls made of polystyrene reinforced concrete (EPS) at the ends and in the center, called Insulating Concrete Forms (ICF). The study sought to show the applicability of construction systems, making a description of the main topics such as constructive stages, manufacturing process, advantages and disadvantages and main characteristics and composition, comparing them from a technical and economic point of view, to obtain the best constructive system that has a good cost-benefit ratio. Based on the results achieved, it was found that the budget for the execution of masonry using the ICF system is higher, around twice the budget for the execution of structural masonry of concrete blocks. However, many aspects such as material waste, general budget of the work, among others, variables that make the ICF system more attractive because of its long-term benefits, such as thermal and acoustic comfort.

Keywords: masonry, concrete, structure, forms and systems.

Índice de Figuras

Figura 1: Anatomia da parede estrutural.....	7
Figura 2: Pirâmide de <i>Quéops</i> do Egípto.....	8
Figura 3: Edifício <i>Monadnock</i>	10
Figura 4: Alvenaria armada.	11
Figura 5: Alvenaria não armada.....	12
Figura 6: Alvenaria parcialmente armada.	12
Figura 7: Paredes sem juntas longitudinais.....	13
Figura 8: Paredes com juntas longitudinais.	14
Figura 9: Secções de paredes duplas.....	14
Figura 10: Secção de parede composta.	15
Figura 11: Paredes de face à vista.	15
Figura 12: Tipos de blocos estruturais de betão.....	20
Figura 13: Posição dos blocos estruturais.	21
Figura 14: Máquinas de fabrico de blocos de betão estrutural.	25
Figura 15: Equipamentos e ferramentas usadas para execução de alvenaria estrutural.	29
Figura 16: Verificação do prumo, fiadas e nível.....	31
Figura 17: Verificação da diagonal e alinhamento para blocos.	31
Figura 18: Coroamento geral com uso de bloco de betão tipo U.....	32
Figura 19: União de blocos por amarração.	33
Figura 20: União de blocos por meio de grampos.	34
Figura 21: Técnica conhecida como castelo.	34
Figura 22: Aros metálicos para vãos de portas.	35
Figura 23: Betão de enchimento.	35
Figura 24: Revestimentos.	36
Figura 25: Anatomia de um bloco de ICF.	39
Figura 26: Modelo primário de EPS.	41
Figura 27: Processo de produção de EPS.	43
Figura 28: Processo de produção de blocos de EPS.	44
Figura 29: Processo de reciclagem do EPS.....	45
Figura 30: Colocação da primeira fiada.....	46

Figura 31: Posição de assentamento das fiadas.	47
Figura 32: Paredes prontas para a betonagem.....	48
Figura 33: Betonagem da parede.	49
Figura 34: Corte para instalação eléctrica e hidráulica.	50
Figura 35: Revestimento de paredes externas.....	51
Figura 36: Planta baixa.	57
Figura 37: Dimensões do iForm 18.	59
Figura 38: Cotação da ICF construtora inteligente.	61

Índice de Tabelas

Tabela 1: Relação entre o traço da argamassa e a classe de resistência.	22
Tabela 2: Factores influentes da resistência da alvenaria.	28
Tabela 3: Códigos da edificação.	56
Tabela 4: Orçamento da alvenaria estrutural.	60
Tabela 5: Orçamento do sistema ICF.....	62
Tabela 6: Orçamento de alvenaria.	64

Lista de Abreviaturas e Siglas

ICF	- <i>Insulating Concrete Forms</i> (Moldes Isolantes de Betão)
EPS	- Poliestireno expandido
hz	- Hertz
a.C.	- Antes de Cristo
XIX	- 19
XX	- 20
XVIII	- 18
τ	- Tau
M2	- Argamassa de assentamento com resistência de 2 MPa
M4	- Argamassa de assentamento com resistência de 4 MPa
M5	- Argamassa de assentamento com resistência de 5 MPa
M6	- Argamassa de assentamento com resistência de 6 MPa
mm	- Milímetro
R10	- Bloco de betão estrutural com resistência de 10 MPa
m ²	- Metro quadrado
EN 206	- Norma de controlo de produção de betão
EN 845-3	- Especificação de componentes auxiliares de alvenaria
B15	- Betão com resistência de 15 MPa aos 28 dias
B20	- Betão com resistência de 20 MPa aos 28 dias
GPa	- Giga Pascal
MPa	- Mega Pascal
A400	- Varão com resistência de 360 MPa
PVC	- Policloreto de polivinila
S3	- Abaixamento no cone de Abrams de 100 mm a 150 mm
cm	- Centímetro

ÍNDICE GERAL

Parecer do Supervisor	ii
Declaração de Honra.....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimento.....	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES BÁSICAS DA PESQUISA	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Delimitação do tema	3
1.3. Objectivos de pesquisa.....	3
1.3.1. Objectivo geral.....	4
1.3.2. Objectivos específicos da pesquisa.....	4
1.4. Justificativa.....	4
1.5. Problematização	5
1.6. Hipóteses.....	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. Alvenaria Estrutural	7
2.1.1. Conceito.....	7
2.1.2. História.....	8
2.1.3. Tipos de Alvenaria.....	10
2.1.4. Classificação das paredes de alvenaria	13
2.1.5. Exigências funcionais das alvenarias.....	15
2.1.6. Características e composição de alvenarias estruturais	19
2.1.7. Processo de fabricação de blocos de betão estrutural	23

2.1.8. Normas Técnicas.....	27
2.1.9. Técnicas de Construção	28
2.1.10. Revestimentos.....	36
2.1.11. Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural	37
2.2. Alvenaria de Insulating Concrete Forms (ICF)	38
2.2.1. Conceito.....	38
2.2.2. História do sistema ICF	40
2.2.3. Características e composição	40
2.2.4. Obtenção dos Blocos de ICF.....	42
2.2.5. Normas Técnicas.....	45
2.2.6. Técnicas de Montagem	46
2.2.7. Revestimentos.....	50
2.2.8. Vantagens e desvantagens do sistema ICF	51
CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE PESQUISA.....	53
3.1. Tipo de pesquisa	53
3.1.1. Quanto a sua natureza	53
3.1.2. Quanto a forma de abordagem do problema.....	53
3.1.3. Quanto aos objectivos.....	54
3.1.4. Quanto aos procedimentos técnicos.....	54
3.2. Base Metodológica.....	54
3.3. Técnica.....	55
3.4. Universo e amostra	55
CAPÍTULO IV: ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA DE MOLDES ISOLANTES DE BETÃO (ICF)	56
4.1. Dados da edificação em Estudo	56
4.2. Dimensionamento	58
4.2.1. Dimensionamento da alvenaria estrutural de blocos de cimento.....	58
4.2.2. Dimensionamento de sistema ICF	58

4.3. Composição de Custos.....	60
4.3.1. Alvenaria Estrutural de Blocos de Cimento.....	60
4.3.2. Alvenaria de sistema <i>Insulating Concrete Forms</i> (ICF).....	61
4.4. Análise técnica.....	62
4.4.1. Alvenaria estrutural de blocos de cimento.....	63
4.4.2. Alvenaria de <i>insulating concrete form</i> (ICF).....	63
4.5. Análise dos resultados.....	63
4.6. Validação e refutação das hipóteses	65
CAPÍTULO V: DISPOSIÇÕES FINAIS.....	66
5.1. Conclusões.....	66
5.2. Sugestões.....	67
6. BIBLIOGRFIA/REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
7. ANEXOS.....	72
ANEXO A: Técnicas de construção de alvenaria estrutural.....	72
ANEXO B: Projecto arquitectónico.....	74
ANEXO C: Resultados do <i>cypecad</i>	76
ANEXO D: Cotações.....	88

INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil em Moçambique, procura sempre melhores métodos de construção alternativos em relação aos métodos tradicionais, que visam a redução de custos, desperdícios, impacto ambiental e a implementação de controle de qualidade e garantia de um excelente desempenho.

A indústria de construção civil é composta por uma mentalidade tradicionalista, que resiste a mudanças e avanços tecnológicos. O objectivo do avanço tecnológico é proporcionar melhorias nos sistemas previamente conhecidos. No país, este sector é composto por empresas de pequena, média e grande dimensão, que conseqüentemente tem um impacto significativo no Produto Interno Bruto (PIB) do país.

A construção civil do século XXI, baseia-se nas construções sustentáveis. O aquecimento global é uma realidade, variações climáticas, efeito estufa, desmatamento e aumento de poluição também são uma realidade, e são questões que dia-a-dia vêm estrangulando a sociedade, que vê a tecnologia uma forma de trazer mudanças. Considerando que a obra tem vida útil, o papel da garantia da longevidade das estruturas está nas mãos dos profissionais da área de construção civil.

A construção civil é uma área prática que envolve muitas variáveis, tornado o processo de gestão de uma obra bastante complexa. E, mediante as exigências impostas pelos clientes, as empresas de construção civil sentem-se pressionadas para que possam oferecer serviços e produtos de qualidade sendo executados no prazo previamente acordado.

Porém, há uma diversidade de métodos construtivos, e as empresas de construção civil optam nas maiorias dos casos, no uso do sistema convencional, que basicamente consiste em preencher os vãos da estrutura de betão armado com blocos de argamassa de cimento que não possuem a função estrutural.

A cobrança por construções de baixo custo, demonstra um crescimento exponencial, e conseqüentemente força as empresas de construção civil aumentar a sua procura por outros métodos construtivos, mais aperfeiçoados e mais tecnológicos.

Os dois sistemas apresentados neste trabalho, são sistemas que são edificados em outros locais, como por exemplo no Brasil, Estados Unidos da América, Inglaterra, entre outros. Especialmente, os blocos estruturais, as dadas alturas já deviam contemplar como opção de método

construtivo, mas na realidade não é o que se observa. O ICF é uma tecnologia nova no meio da construção civil em Moçambique. Os dois sistemas são de características semelhantes, ambos são autoportantes.

O actual trabalho inicia com a introdução, obedecendo a seguinte estrutura:

- No capítulo I: apresenta-se o tema, delimitação do tema, objectivos da pesquisa, justificativa, problematização e hipóteses;
- No capítulo II: consigna a fundamentação teórica onde se explica os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e *insulating concrete forms* (ICF), se caracteriza cada um deles e se apresenta as vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas;
- No capítulo III: apresenta-se a metodologia usada para a realização e desenvolvimento desta pesquisa;
- No capítulo IV: faz-se o estudo técnico-económico, que consiste na elaboração de orçamento para execução da alvenaria estrutural e alvenaria em ICF, e análise técnica dos dois sistemas com a finalidade de compará-los e determinar o melhor sistema construtivo;
e
- No capítulo V: consigna as conclusões, as sugestões, as referências bibliográficas e bibliografia usadas para a realização da pesquisa e anexos.

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES BÁSICAS DA PESQUISA

1.1. Tema

Este trabalho tem como tema: análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria estrutural e alvenaria de moldes isolantes de betão (ICF).

1.2. Delimitação do tema

De acordo LAKATO e MARCONI, (2007):

“Na escolha do tema, deve-se levar em conta a actualidade e relevância, seu conhecimento a respeito, sua preferência e a aptidão pessoal para lidar com o assunto, o tempo disponível e necessário para levar a bom termo a pesquisa (não podemos optar por um assunto que exija muito mais tempo de pesquisa do que dispomos) e o factor económico para disponibilizar recursos materiais que serão utilizados na pesquisa, analisando se há possibilidade financeira para arcar com todos os custos orçados.”

Este trabalho de conclusão de curso delimitou-se na colecta e análise de informações dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e *insulating concrete forms*, no âmbito financeiro e técnico para posteriormente a comparação e determinação do sistema construtivo da alvenaria que melhor se adequa as condições de Moçambique.

Como base na realização do estudo, utilizou-se a fundamentação teórica do tema e uma pesquisa financeira e técnica executando uma avaliação dos ambos métodos construtivos.

1.3. Objectivos de pesquisa

De acordo com SANTAELLA, (2001) num trabalho científico “é necessário a apresentação dos objectivos onde o autor esclarece o que se espera com a investigação”.

1.3.1. Objectivo geral

De acordo com LAKATOS e MARCONI, (2001), “Objectivo geral está ligado a uma visão global e abrangente do tema, relaciona-se com o conteúdo intrínseco, quer dos fenómenos e eventos, quer das ideias estudadas, vinculadas directamente a própria significação de tese proposta pelo projecto. ” Partindo desse princípio, tem-se como objectivo geral o seguinte:

- Analisar os sistemas construtivos de construção em alvenaria estrutural e alvenaria em alvenaria de moldes isolantes de betão (*ICF*).

1.3.2. Objectivos específicos da pesquisa

Segundo LAKATOS E MARCONI, (2001), “Os objectivos específicos apresentam um carácter concreto, tem a função intermediária e instrumental permitindo de um lado atingir o objectivo geral e de aplicar a situações particulares”.

Portanto, para alcançar o objectivo geral foram colocados os seguintes objectivos específicos:

- Identificar as etapas construtivas, com ênfase nas principais características, materiais usados, técnicas envolvidas no processo de construção e custos de ambos sistemas;
- Descrever as vantagens e desvantagens dos ambos sistemas; e
- Comparar a técnica e orçamento dos ambos sistemas construtivos.

1.4. Justificativa

A importância deste trabalho de conclusão de curso consiste em investigar os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e ICF, o conhecimento apresentado na fundamentação teórica permite a escolha da melhor alternativa às necessidades das empreitadas em Moçambique, com o objectivo de encontrar o melhor custo-benefício para as suas obras e projectos.

Na actualidade, constata-se uma carência de estudos relacionados com o tema especialmente o sistema construtivo de ICF, por meio dessa ausência de estudos justifica-se a escolha do tema de forma ajudar o desenvolvimento de metodologias em sistemas construtivos de alvenaria.

O sistema ICF é usado em vários países com predominância de temperaturas baixas pois apresenta o EPS com baixa condutividade térmica e alta resistência térmica. Moçambique, apresenta um clima tropical seco com presença de temperaturas relativamente altas e com alguns pontos do país com temperaturas baixas, entretanto o sistema ICF é cómodo para as duas situações.

Quando se depara com temperaturas baixas faz-se o uso de aquecedor e nas temperaturas elevadas faz-se o uso de ar condicionado, nos dois casos podem apresentar um gasto elevado de energia para manter por muito tempo a temperatura desejada, e no sistema ICF ela mantém a temperatura desejada por mais tempo com pouco uso dos equipamentos de refrigeração.

O sistema ICF é umas das melhores tecnologias de execução de alvenaria que apresenta uma elevada resistência ao fogo, pois o EPS usado da classe F, sendo por isso justificado a pertinência do estudo.

1.5. Problematização

A indústria da construção civil é descrita pelo seu tradicionalismo e resistência as mudanças no que diz respeito a inovações tecnológicas, sendo inevitável que o novo sistema construtivo certifique a sua eficiência para conquistar o mercado.

Moçambique é um país que têm uma zona costeira extensa, e que em situações de ciclone, cheias, sismos e outras catástrofes naturais, poucas edificações mantêm-se intactas, e isto pode permitir que os sistemas propostos sejam confortáveis para a sua aplicabilidade e funcionamento por muito tempo.

Observa-se ainda, que se têm construções de residências com patologias, como fissuras, fendas e infiltrações, que um dos factores que causa essas patologias é provavelmente a propalada má qualidade de matéria-prima.

Em face ao exposto, remete-se a seguinte pergunta de partida. *Até que ponto o sistema de alvenaria ICF e o sistema de alvenaria estrutural podem oferecer vantagens construtivas em Moçambique?*

1.6. Hipóteses

Para dar as prováveis respostas ao problema, levantam-se as seguintes hipóteses:

1ª Hipótese: A alvenaria estrutural pode ser a melhor escolha adequada para a construção de alvenarias sob ponto de vista técnico e económica.

2ª Hipótese: O sistema ICF pode ser a melhor escolha adequada para a construção de alvenarias sob ponto de vista técnico e económica.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Alvenaria Estrutural

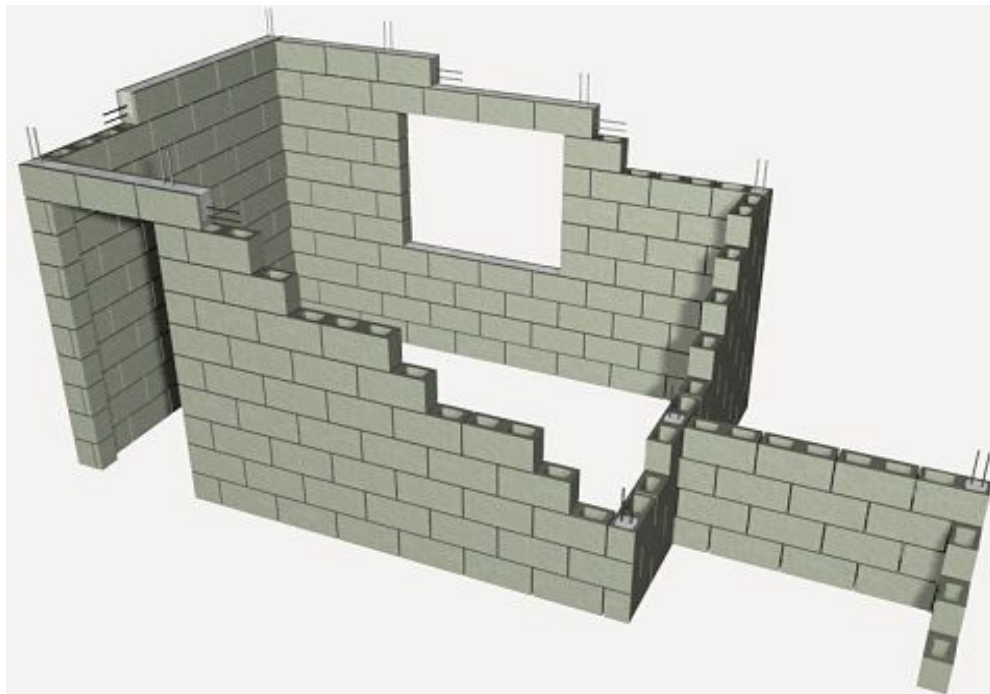
2.1.1. Conceito

SANTOS (2021), define a alvenaria como "elementos que estão interlaçados entre si que tem a função de proporcionar a vedação e divisão de ambientes, providenciar um conforto térmico e acústico, segurança e protecção das intempéries físicas como a chuva e ventos".

Quando esta é projectada com o objectivo de suportar cargas como de cobertura ou elementos estruturais é designado por alvenaria estrutural, e quando esta não tem a função de suportar cargas designamos por alvenaria de vedação ou de preenchimento.

A alvenaria estrutural "além de ter a função estrutural, também tem a função de vedação. Neste processo construtivo, não é comum o uso de pilares e vigas, pois o bloco por si só tem a função estrutural". (PADILHA, 2018). Na figura 01, a seguir, ilustra-se um exemplo de paredes estruturais.

Figura 1: Anatomia da parede estrutural.



Fonte: (<http://vogelsangerconcretos.com.br/produtos/blocos>, acessado em 25/12/2021).

2.1.2. História

De acordo com SANTOS, (2021), alvenaria sempre foi “uma das formas mais antigas conhecidas que o homem usa para a construção, como sendo um método construtivo tradicional e desde os primórdios ele usou esta técnica para a construção de diversas edificações ”.

Nos primórdios, a construção da alvenaria era usada materiais como a pedra, argila entre outros para a execução de alvenarias estruturais. Por exemplo a pirâmide de *Quéops* do Egito.

Figura 2: Pirâmide de *Quéops* do Egito.



Fonte: (<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/03/piramide-de-queops.jpg> acessado em 26/12/2021).

Segundo CAMACHO (2006), por volta de "dez mil anos antes de Cristo (10.000 a.C.) os Persas e Assírias já utilizavam esta técnica para execução das suas infra-estruturas.

Outras estruturas construídas eram edificações contemplando estruturas de arcos e abóbadas que permitiam alcançar grandes vãos, eram basicamente os blocos que mais resistiam ao esforço de compressão.

“Os materiais mais usados para execução das estruturas eram blocos de barro queimados confeccionados de forma artesanal e pedras, pelas propriedades físicas da pedra, ela apresenta uma maior resistência mecânica e por conta disso era usada com maior frequência.” (PADILHA, 2018).

Por volta do século XVII, nesta época a engenharia civil já considerava a alvenaria estrutural como uma tecnologia construtiva. Nesta época, foram realizados vários testes e ensaios nos séculos XIX e XX, que foram submetidos a testes de resistências, e os resultados não foram satisfatórios tanto que tinha amplas limitações e apresentava método de cálculos empíricos deficientes.

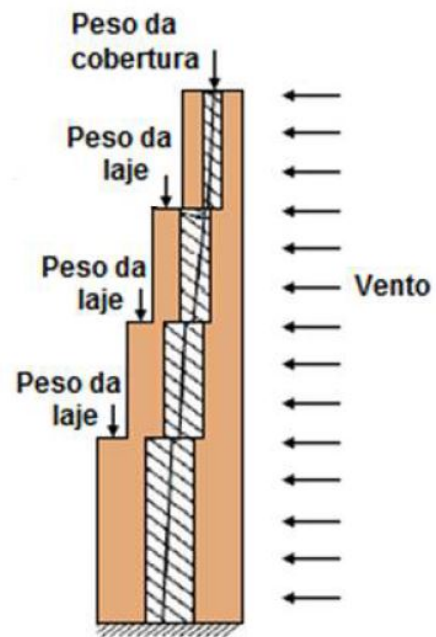
Por estes motivos fez com que o seu uso durasse apenas até ao final do século XIX. Para executar este método construtivo naquela época era necessário fazer super dimensionamento para garantir a segurança estrutural da edificação, algo que se baseava exclusivamente da experiência do projectista.

Em comparação ao sistema de betão armado, que possuía uma execução rápida, estruturas leves e economia, a alvenaria estrutural entrou em declínio.

"As estruturas de aço começam a ganhar espaço na maioria das obras, por conta da rápida evolução da tecnologia do metal e dos cálculos, isso no final do século XIX". (CAVALHEIRO, 2009).

A título de exemplo, o edifício *Monadnock*, constante na figura 03, contruído nos primórdios da década de 1890 em Chicago, nos Estados Unidos da América, possui 16 andares, com 65 metros de altura e tem algumas paredes internas com espessuras de 1,80 metros e acredita-se que as paredes interiores tenham no mínimo 30 cm de espessura.

Figura 3: Edifício *Monadnock*.



Monadnock Building, em Chicago

Fonte: (<https://docplayer.com.br/6676666-Materiais-e-tecnicas-de-construcao-ii-egc0015.html>, acessado em 28/12/2021).

Na execução da alvenaria estrutural, não era necessário o uso de muitos materiais. Pois pela dimensão dos blocos estruturais, permitia o uso de poucos materiais como o aço, proporcionando economia na obra.

E com a carência de aço e materiais de fabrico de betão, viu-se na alvenaria estrutural como uma solução pontual até que se reestabelesse o fabrico do aço e materias para fabrico do betão.

2.1.3. Tipos de Alvenaria

Na óptica de SANTOS (2021), a alvenaria quanto ao uso da armadura pode ser classificada em:

Alvenaria Armada: é toda aquela alvenaria em que por necessidade estrutural, ela recebe os esforços. Neste tipo de alvenaria, nos vazios dos blocos são utilizados barras, telas e armaduras passivas de fios de aço e posteriormente são betonados e as juntas verticais são preenchidas. A alvenaria armada permite edificar até mais de 20 pavimentos, conforme a figura 04.

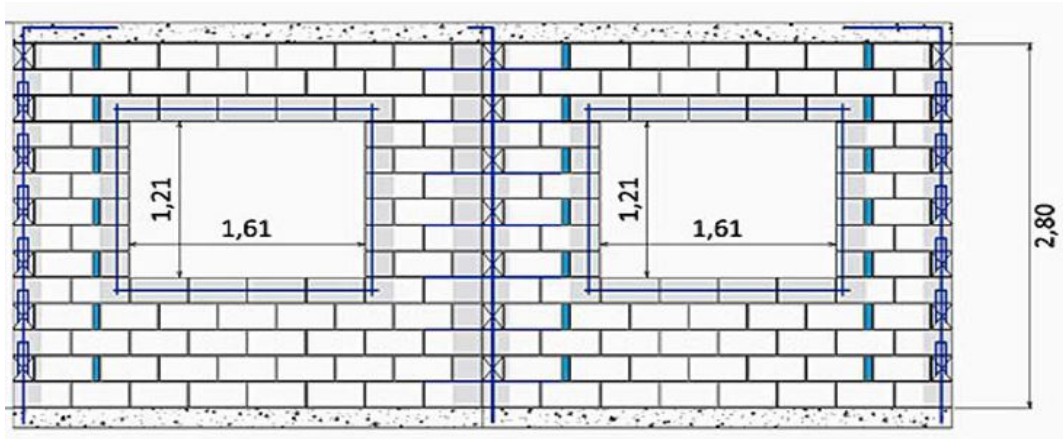
Figura 4: Alvenaria armada.



Fonte: (<https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/index.php> acessado em 31/12/2021).

Alvenaria não armada: consiste em paredes de alvenaria estrutural sem amarração. Por razões construtivas é usado o aço nas vergas e contra vergas das portas e janelas para o combate a fissuras que são caudas pelo peso do edifício, efeitos térmicos e vento. Este processo permite levantar até 8 pavimentos, vide a figura 05.

Figura 5: Alvenaria não armada.

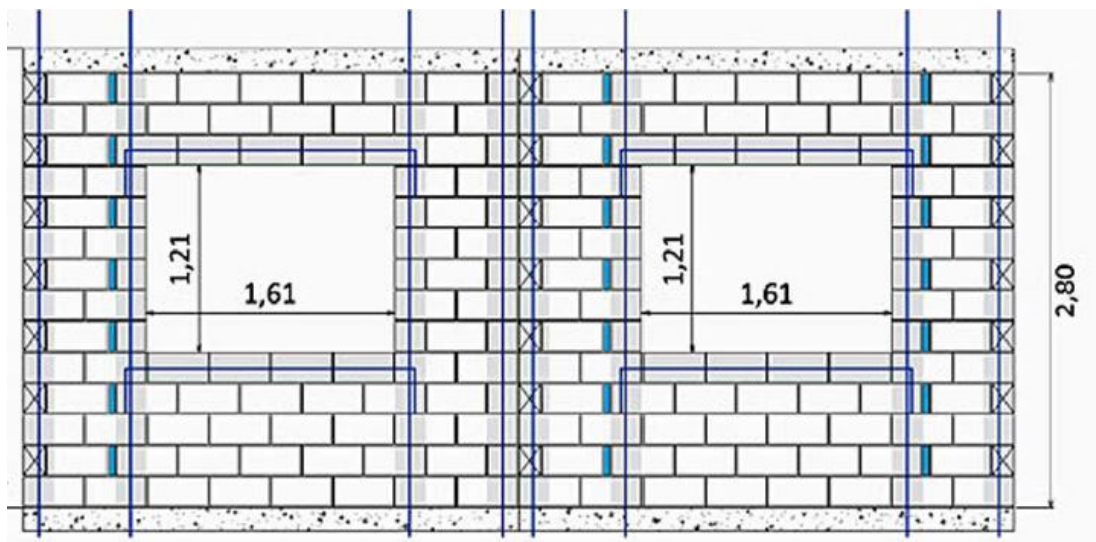


Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

Alvenaria parcialmente armada: basicamente consiste numa alvenaria mista, isto é, ela é projectada para contemplar elementos resistentes armados e outros não armados.

Normalmente usa-se para edifícios de 3 a 5 pavimentos, em condições que tenham pilares que saem da fundação até ao segundo pavimento perfeitamente estruturado e que os seguintes pavimentos são apoiados na alvenaria estrutural, segundo a figura 06.

Figura 6: Alvenaria parcialmente armada.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

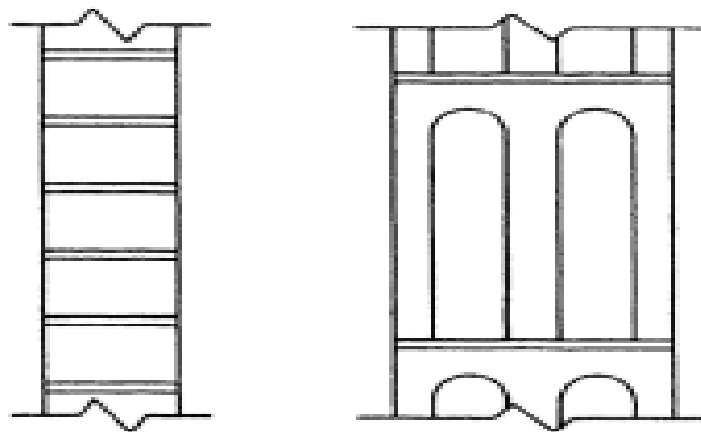
2.1.4. Classificação das paredes de alvenaria

As paredes de alvenaria são habitualmente classificadas em função dos principais constituintes utilizados para a sua construção, designados por elementos, unidades ou blocos e correntemente intitulados por tijolos.

Todavia, a classificação das paredes poderia atender às características físicas, químicas e geométricas dos tijolos, mas também aos restantes constituintes, tipo de argamassa de assentamento, número de panos de parede e suas ligações, tipo de revestimento, existência ou não de isolamento térmico, acústico, e barreiras localização da parede (alçados, interior do edifício e independente no exterior).

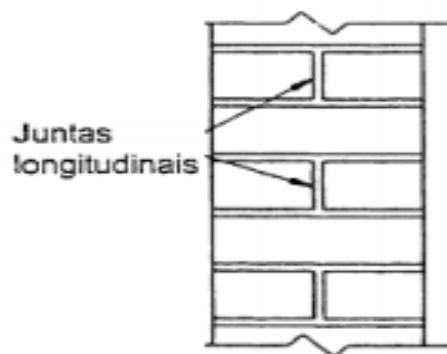
O EUROCÓDIGO 6, dedicado essencialmente às paredes de alvenaria com função estrutural, classifica-as de acordo com o tipo de panos e juntas de assentamento. Este classifica as paredes em paredes simples, paredes duplas, paredes compostas, paredes de face à vista, paredes com juntas contínuas e paredes-cortina, ilustrado nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11. Estas podem ainda ser classificadas segundo-o possuimento ou não das juntas longitudinais.

Figura 7: Paredes sem juntas longitudinais.



Fonte: (LOURENÇO, 1999).

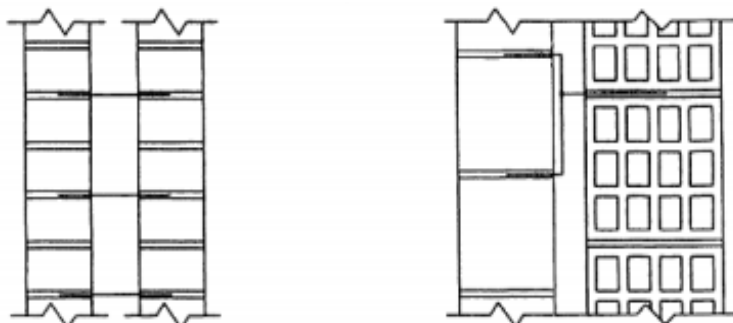
Figura 8: Paredes com juntas longitudinais.



Fonte: (LOURENÇO, 1999).

A título de exemplo, a figura acima, mostra que as juntas longitudinais são as juntas no sentido vertical e que são alinhadas umas nas outras.

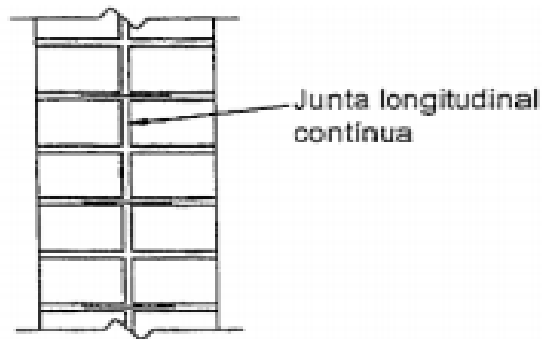
Figura 9: Secções de paredes duplas.



Fonte: (LOURENÇO, 1999).

Na figura acima apresentada, demonstra uma técnica muito usada nos países com temperaturas baixas, que tem como objectivo aumentar a capacidade de isolamento térmico e aumentar a capacidade de retenção de calor, por vezes, no espaço vazio é usado um isolante térmico, como por exemplo lã de rocha. A execução de alvenaria de paredes duplas com caixa de ar, não é usado em Moçambique, pois temos a predominância do clima tropical seco.

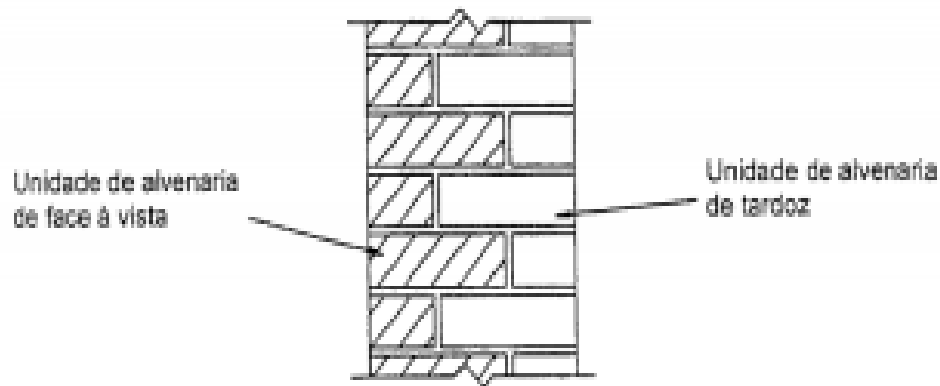
Figura 10: Secção de parede composta.



Fonte: (LOURENÇO, 1999).

É um tipo de parede semelhante á dupla, pode se dar o caso de ter-se paredes com materiais diferentes, como por exemplo uma alvenaria de blocos de betão e outra alvenaria de tijolos cerâmicos.

Figura 11: Paredes de face à vista.



Fonte: (LOURENÇO, 1999).

Alvenarias com essa característica, não apresentam revestimentos, ou seja, a alvenaria fica em contacto directo com o ambiente.

2.1.5. Exigências funcionais das alvenarias

O desempenho global de uma parede pode não depender apenas de um dos seus componentes, mas sim da globalidade do conjunto. As exigências funcionais dependem de agentes mecânicos, electromagnéticos, térmicos, químicos ou biológicos.

Alguns destes agentes actuam mais sobre o revestimento, outros mais sobre o tosco e outros ainda sobre todo o conjunto. As principais exigências funcionais que devem ser satisfeitas pelas paredes estão indicadas nos pontos seguintes.

2.1.5.1. Estabilidade

A parede deverá ser capaz de assegurar um perfeito comportamento durante a construção e durante todo o seu período de vida. Os esforços a que as paredes vão estar sujeitas durante a construção é idêntica quer em paredes de enchimento (sem função estrutural) quer em paredes resistentes (com função resistente vertical e horizontal).

No que toca aos esforços sujeitos durante toda a sua vida útil, eles podem ser bem diferentes. Durante a construção a parede deve ter capacidade para resistir a acções devidas ao equipamento de construção e ser estável em situações transitórias de execução. Durante a sua vida útil as alvenarias de enchimento deverão ser autoportantes tanto para cargas verticais como para cargas normais ao seu plano.

Quanto às acções de acidente como choques violentos ou explosões deverá haver uma ponderação prévia para analisar se será economicamente viável dimensionar uma parede de enchimento para este tipo de esforços.

As paredes deverão ser estáveis sob as acções verticais e horizontais a que irão estar submetidas e contribuir para o contraventamento da construção. Quanto às acções de acidente estas também deverão ser consideradas sob o risco de um desmoronamento progressivo.

2.1.5.2. Segurança contra riscos de incêndio

As paredes devem ser concebidas, dimensionadas e construídas de forma a limitar os riscos de incêndio e do seu desenvolvimento. Os materiais e elementos de construção devem apresentar respectivamente uma reacção (contributo dos materiais constituintes para a origem e desenvolvimento do incêndio) e uma resistência ao fogo (impedimento da propagação do incêndio de um local para outro) de acordo com as disposições regulamentares.

Para as paredes estruturais interessa a estabilidade ao fogo (tempo entre o início do fogo e o momento que se esgota a capacidade resistente), para as de compartimentação interessa o momento em que se atingem determinados limites de temperatura na face não-exposta.

Para elementos que desempenham as duas funções é preciso se analisa os dois critérios. O regulamento de segurança contra incêndio em edifícios de habitação, publicado com o Decreto-Lei n.º 220/2008 de origem portuguesa, define as condições que os elementos construtivos mais significativos devem respeitar ao seu comportamento em caso de incêndio.

As aplicações das exigências são feitas tendo em consideração a altura do edifício e o tipo de ocupação prevista. Assim, no que se refere às paredes divisórias, o regulamento classifica a resistência ao fogo padrão de acordo com a qualificação da reacção ao fogo dos materiais de construção.

2.1.5.3. Estanquidade à água

As paredes devem ser estanques à água quer seja proveniente do exterior quer do interior. A satisfação dos requisitos de estanquidade consegue-se por interposições de barreiras estanques e disposições drenantes.

De acordo com PEREIRA, (2011), explica que a “resistência à penetração da chuva depende dos materiais constituintes da parede, da existência de corte hídrico, da existência de parede dupla correctamente executada e da existência de revestimento exterior estanque”.

Um das formas de avaliar a qualidade de uma obra é pela infiltração de água, que pode aparecer por capilaridade ascendente ou pela água da chuva.

Por natureza da obra, é extremamente necessário que haja uma estanqueidade da água, como por exemplo a construção de um reservatório de água. A estanqueidade da água, não só reside no impedimento de passagem da água, também no controlo de passagem da água.

2.1.5.4. Estanquidade ao ar

Na estanquidade ao ar e aos gases deve-se ter em atenção a ventilação mínima imprescindível e os limites máximos de forma a evitar desconforto. Em determinados tipos de obras, é necessário o controle da passagem do ar, como por exemplo a construção de uma sala de operações cirúrgicas.

2.1.5.5. Conforto térmico

No interior do edifício devem-se ter condições ambientais satisfatórias em termos de temperatura, humidade, velocidade e qualidade do ar. O conforto hidrotérmico traduz-se pelo isolamento térmico (resistência da parede à passagem de calor), pela secura dos paramentos interiores (inexistências de condensações superficiais) e pela secura interna (inexistência de condensações internas).

Os valores aplicáveis dependem da temperatura convencional do local não-aquecido, a qual se admite estar, em geral, compreendida entre as temperaturas exterior e interior facto traduzido pelo factor τ .

Se o valor do factor τ do local não-aquecido for igual ou inferior a 0,7, à parede interior de separação aplicam-se os requisitos respeitantes aos elementos interiores, caso contrário os requisitos mínimos são os mesmos de uma parede exterior.

Actualmente, um caso particular do envolvente interior dos edifícios é as paredes de separação entre edifícios adjacentes. No caso de o edifício adjacente ainda não estar construído (ou não estar em fase de construção) a parede de separação deve pura e simplesmente ser considerada e tratada como se de uma parede exterior se tratasse, caso contrário o coeficiente τ assume o valor convencional de 0,6 e a exigência aplicável pode ser facilmente satisfeita com um pano simples de alvenaria.

No caso de a parede de separação entre edifícios ser uma parede estrutural de betão haverá que definir uma solução de isolamento térmico adequada. Preferencialmente essa solução deverá ser colocada no espaço entre paredes de separação dos edifícios adjacentes, de modo a permitir tirar partido da massa dessas paredes para a inércia térmica interior.

2.1.5.6. Conforto acústico

A concepção das paredes em termos acústicos deverá assegurar isolamento sonoro aos sons aéreos (abaixamento de nível dos ruídos aéreos), tempos de reverberação adequados à utilização dos espaços, minimização dos ruídos de percussão e dos ruídos emitidos pelas paredes.

O Regulamento Geral do Ruído, publicado com o Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro e o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, publicado com o Decreto-Lei n.º 96/2008, remetem para a necessidade de controlos preventivos ao nível do licenciamento, decretos estes de origem portuguesa.

Com efeito, não deverá nenhum edifício estar liberto de cumprir os requisitos acústicos que lhe são directamente exigidos pela legislação. Estes documentos estabelecem diversos critérios de controlo de comportamento acústico para os edifícios, relativos à emissão de ruído para o exterior, à potencial incomodidade pelo funcionamento do edifício, às condições acústicas interiores e ao isolamento acústico.

A satisfação do grau de incomodidade é conseguida através da limitação dos níveis de ruído produzidos no local “perturbador” e/ou impondo um isolamento acústico mínimo dos elementos de construção que separam o local dos locais vizinhos.

Relativamente às condições acústicas interiores, o regulamento impõe limites para os tempos de reverberação (não aplicável em edifícios de habitação), e para os níveis sonoros do ruído ambiente (definidos para instalações muito ruidosas e em locais onde se exerçam actividades que requerem concentração e sossego, o que não se encontra no âmbito dos edifícios de habitação).

2.1.6. Características e composição de alvenarias estruturais

Quando se pretende construir um edifício em alvenaria estrutural, é preciso saber a seguinte composição: blocos, argamassa, betão de preenchimento e armaduras. Para garantir a execução do edifício, é necessário que se siga uma norma que é vigente no local de implementação para a garantia das características mínimas de desempenho.

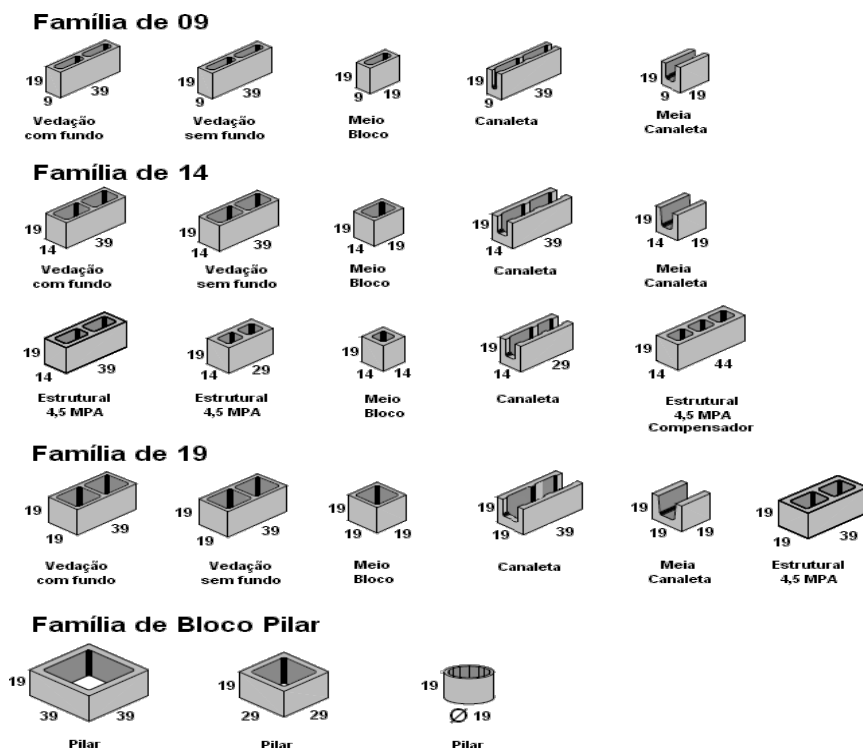
2.1.6.1. Bloco de Betão estrutural

O bloco estrutural, é caracterizada especialmente por ser um bloco vazado ou maciço. Este é o elemento mais importante da alvenaria estrutural, pois, ele é quem dá a resistência a compressão e determina as técnicas de construção a ser usadas. A título de exemplo, na figura 12, pode-se observar os tipos de blocos estruturais de betão. Segundo SANTOS, (2021), “os blocos estruturais de betão apresentam um isolamento térmico de 1,20 W/m²K e isolamento acústico de 48 decibéis (dB).”

"Os principais tipos de blocos de alvenaria estrutural são: de betão, cerâmico e sílico-calcário. E, também, é caracterizado pela sua estabilidade dimensional, vedação e absorção". (SANTOS, 2021).

Quanto a especificação do projecto, dado caso em que o projectista não especifique o tipo, forma dos blocos de alvenaria, sugere-se que use bloco com resistência padrão, dado o caso em que o projectista especifique a forma e tipo de blocos de alvenaria estrutural a serem usados, e deverá também especificar a resistência a compressão.

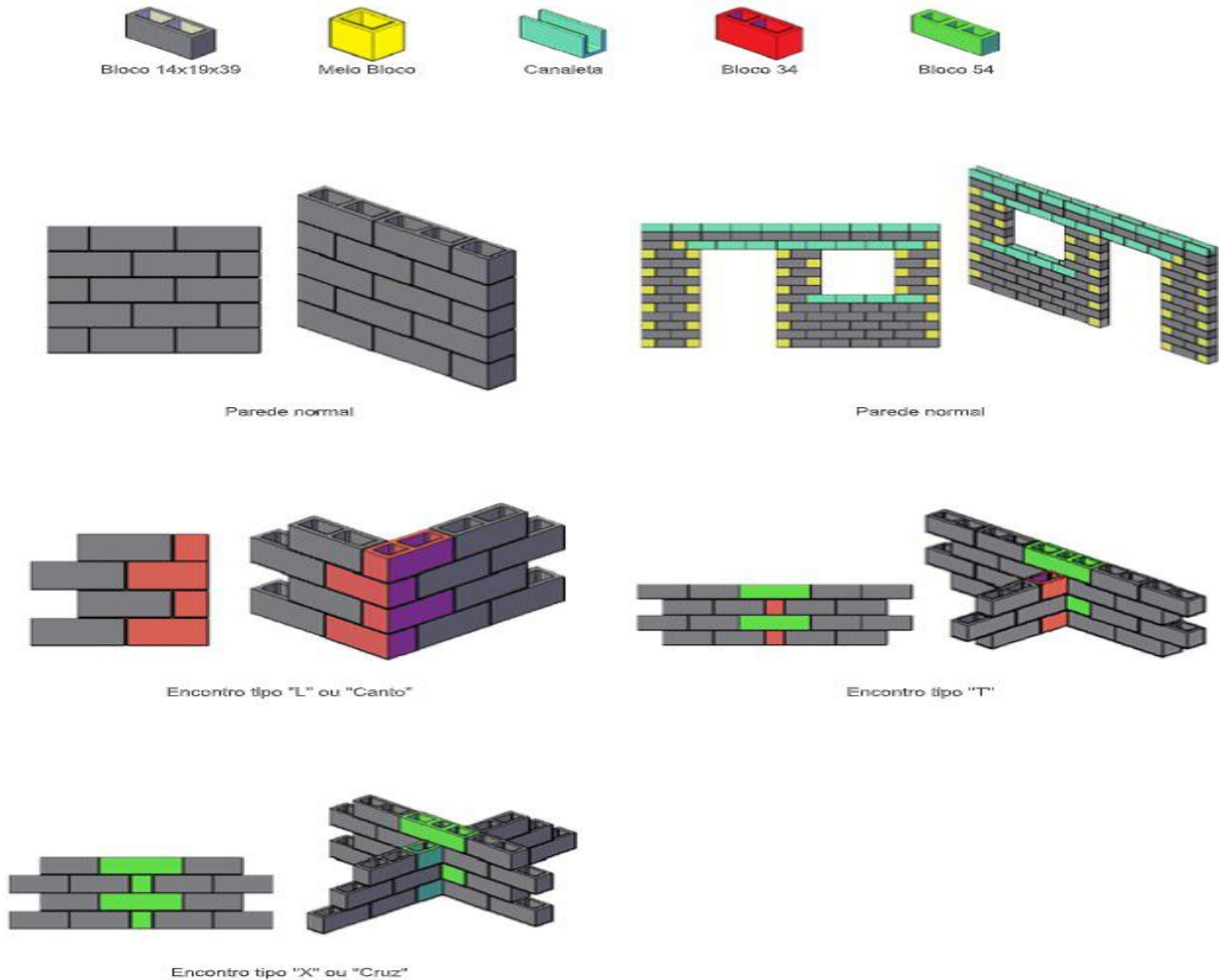
Figura 12: Tipos de blocos estruturais de betão.



Fonte: (<https://construfacilrj.com.br/aprenda-como-escolher-blocos-de-betão/>, acessado em 25/03/2022).

Na figura 13, pode-se observar em que locais, os principais blocos estruturais são usados para a edificação.

Figura 13: Posição dos blocos estruturais.



Fonte: (<http://vogelsangerconcretos.com.br/produtos/blocos> acessado em 27/12/2021).

2.1.6.2. Argamassa

“A argamassa é constituída por cimento, água, cal e agregado miúdo, em alguns casos pode ser adicionado aditivos para melhorar certas propriedades. ” (PAZINI e RODRIGUES, 2014). Portanto, a argamassa é o componente usado para união dos blocos. Nota se que há uma crescente utilização de argamassa industrializada.

De acordo com LOURENÇO, (1999), a argamassa “pode-se classificar em dois grupos, nomeadamente: pela sua resistência e pelas proporções dos constituintes. ”

No caso, em que temos a classificação pela resistência, a resistência é medida em MPa. Na tabela 1, é apresentada uma relação das proporções dos constituintes da argamassa e sua possível resistência a compressão.

Tabela 1: Relação entre o traço da argamassa e a classe de resistência.

Proporções dos constituintes			Resistência à compressão (MPa)	Classe do EUROCÓDIGO 6
Cimento: cal: areia	Cimento: areia	Cimento: areia com plastificante		
1: ¼: 3	-----	-----	12	M12
1: ½: 4 ½	1: 2 ½ a 3 ½	1:3 a 4	6	M6
1: 1: 6	1: 4 a 5	1: 5 a 6	4	M4
1: 2: 9	1: 5 ½ a 6 ½	1: 7 a 8	2	M2

Fonte: (LOURENÇO, 1999).

Em geral, a argamassa deverá ser de classe M2 ou superior para alvenaria simples, de classe M4 ou superior para alvenaria com armadura nas juntas e de classe M6 ou superior para alvenaria com armadura vertical ou alvenaria pré-esforçada. A argamassa leve e a argamassa-cola devem ser de classe M5 ou superior.

2.1.6.3. Betão de enchimento

De acordo com LOURENÇO, (1999), “a EN 206 descreve que o betão de enchimento deverá ser corrente e com agregados naturais, e classificando o em função da resistência características à compressão aos 28 dias. ”

O autor ainda explica que, no EUROCÓDIGO 6 é aceitável o uso da classe B15 como betão de enchimento, apesar de ser a classe de betão com menor resistência, seria necessário o uso de blocos estruturais e argamassa de maior resistência.

Ainda de acordo com o autor, a dimensão máxima do inerte deverá ser de 20 mm, menos nos casos em que os vazios a serem preenchidos sejam inferiores a 100 mm ou em condições em

que recomenda se o recobrimento das armaduras inferior a 25 mm, tanto que a dimensão máxima do inerte deverá ser de 10 mm.

Por fim, LOURENÇO, (1999), explica que o EUROCÓDIGO 6 é necessário que a trabalhabilidade do betão seja suficiente para poder preencher todos os vazios na sua totalidade, uma trabalhabilidade de classe de abaixamento S3, segundo a EN 206. No uso de betão de enchimento com uma trabalhabilidade de classe maior, é necessário estar ciente que há possibilidades da fendilhação do betão por meio da retracção.

2.1.6.4. Armadura

Para a construção de elementos de betão armado é usado armaduras que são envolvidas por betão de enchimento, com principal objectivo de suportar aos esforços de tracção, também são utilizados nas contra vergas e vergas.

“É possível utilizar varões lisos ou nervurados. As armaduras utilizadas nas juntas de assentamento, devem observar a EN 845-3. O módulo de elasticidade das armaduras pode ser considerado igual a 200 GPa. As armaduras deverão possuir a durabilidade adequada a classe de exposição aplicável. O aço inoxidável austenítico cumpre os requisitos de durabilidade do EUROCÓDIGO 6, mas o aço ao carbono poderá exigir protecção adicional, sob a forma de galvanização, pó de epóxido fundido ou largura de recobrimento especificado”. (LOURENÇO, 1999, p.52).

2.1.7. Processo de fabricação de blocos de betão estrutural

De acordo com FILHO, (2007), “nos meados da década de 1880, na Inglaterra e Estados Unidos da América foram produzidos os primeiros blocos de betão vazados, quando os elementos maciços eram extremamente pesados tornado difícil o seu uso na construção civil”. Este, caracterizava-se por uma produção artesanal com o uso de formas de madeira. E nesta época, várias máquinas para produção de blocos vazados foram produzidas nos Estados Unidos da América.

No meado da década de 1910, datou-se pelo maior avanço na produção industrial de blocos, que foi a introdução da primeira máquina de produção de blocos designada por *strip-teaser*, que

permite com que o bloco seja retirado automaticamente por baixo do molde. “Na década de 1940, foi introduzida a vibro prensagem no processo de fabricação, promovendo a melhoria na aparência do bloco, assim como na resistência. Estas máquinas podiam fazer 5000 blocos por dia.” (FILHO, 2007, p. 66).

A adoção de produção de blocos em séries, tem como propósito a melhoria da qualidade e diminuição de custos de produção. Resumidamente o processo de fabricação de blocos consiste na modelagem do betão em formas com dimensões pré-estabelecidas, adensadas e vibradas por máquinas, depois passam pelo processo de cura e armazenagem até a fase de entrega dos blocos.

O processo de produção em serie é descrita a seguir com profundeza:

a) Recepção dos materiais

Segundo FILHO (2007, p.69), explica que:

“Quando da descarga dos agregados deve-se proceder à correcta amostragem e realizar a determinação da sua granulometria e das propriedades do material, tais como massa específica, massa unitária no estado solto, massa unitária no estado compacto, etc. ”.

Assim, deve-se manter uma amostra padrão para comparação com os materiais que são recebidos posteriormente. E esta análise das propriedades físicas dos materiais deve ser feita a cada lote recebido ou de cada alteração de fornecedor.

A seguir, o material é levado até as baias de armazenamento. O cimento deve ser armazenado em local seguro e livre de humidade, preferencialmente em silos. Os demais materiais, tais como aditivos, adições, pigmentos etc., devem ser armazenados de acordo com as especificações dos fabricantes.”

b) Pesagem e mistura dos materiais

Para a fabricação dos blocos estruturais, é necessário garantir que por meio de uma boa quantificação de matéria-prima possa-se obter blocos com excelente qualidade e propriedades físicas desejadas. É desaconselhado a medição da matéria-prima em unidade volumétrica, pois está

susceptível a variações por conta de factores como umidade, estado solto, entre outros. (FILHO, 2007). Os principais erros ocorridos nesta etapa de produção de blocos:

- Erro da dosagem do cimento, quando é dosado em relação a um saco de cimento; erro da dosagem de areia em unidade volumétricas, visto que o seu volume varia de acordo com as condições ambientais; e erro da dosagem da água, quando não é levada em consideração a humidade dos agregados.

Nas fábricas de blocos mais modernas, os silos são equipados com balanças digitais de alta precisão para garantir a dosagem correcta dos materiais para a fabricação dos blocos. A determinação das correctas medidas de cada elemento constituinte do bloco garanti nos que teremos um bloco de qualidade mediante ao traço de acordo com as características de cada bloco a ser fabricado, e a medição das matérias varia de fábrica para fábrica.

c) Vibro-prensagem

Segundo FILHO, (2007, p.70), diz que “a vibro-prensa é o elemento central de uma fábrica de blocos.”, o arranjo produto varia de fábrica para fábrica, no que se nota a presença de máquinas antigas e novas que trabalham em conjunto. Como mostra se na figura 14, pode-se observar que as máquinas de fabrico de blocos dão formato aos blocos por meio de moldes e pentes (vulgarmente conhecidos como martelo ou castelo).

Figura 14: Máquinas de fabrico de blocos de betão estrutural.



Fonte: (<http://vibrablocos.comunidades.net/> acessado em 01/01/2022).

Após a mistura dos componentes para fabrico dos blocos, o betão no estado fresco é levado para o molde onde é vibrado e prensado na direcção vertical pelos extractores, de seguida suspende-se o molde enquanto o pente que é imóvel mantém os blocos formados sobre o palete, em seguida o palete é retirado com os blocos formados mediante a elevação dos extractores, e outro palete é substituído e a inicia o novo ciclo de produção de novas unidades. (FILHO, 2007).

A propriedade dos blocos está directamente ligada a vibração da vibro-prensa. Os principais factores que influenciam a vibração são: tempo de adensamento, direcção, amplitude, velocidade e aceleração. A direcção da vibro-prensa pode ser classificada em unidireccional e circular, horizontalmente ou verticalmente.

Ainda segundo o mesmo autor, explica que a frequência óptima de vibração para o fabrico de blocos é de 50 hz. Quanto a amplitude é aconselhado determinar limites que vão de acordo com a vida útil da máquina e precisão da dimensão dos blocos em especial para altura.

FILHO, (2007), explica que o tempo de adensamento é directamente proporcional as propriedades do bloco depois do desmolde. E, é necessário garantir que tenhamos um preenchimento completo e adensamento do betão no molde de prensa, aparência do bloco após desmolde, resistência dos blocos em relação aos movimentos feitos após o desmolde e a flexibilidade na produção dos blocos, cumprindo todos os requisitos já estabelecidos, mas para tal precisamente de um tempo mínimo para que a operação seja um sucesso.

Ao fim de cada ciclo de produção, os blocos são submetidos a fiscalização para verificar se as propriedades desejadas estão em conformidade, momento que são retirados blocos que apresentam defeitos como fissuras e faz-se uma amostragem de modo a conferir as dimensões dos blocos. Aos blocos que foram aprovados no teste de propriedades são transportados por uma esteira até ao *finger* (máquina automática que transporta as paletes até a câmara de cura).

d) Cura

A cura é a etapa seguida após a vibro-prensagem, no que para garantir que nesta etapa tenhamos blocos com boa qualidade e propriedades é preciso que esta seja feita num ambiente saturado para que nas primeiras fases do endurecimento dos blocos não haja perda de água.

No processo de cura deve ser feita em ambientes fechados para que se possa evitar o processo de secagem e rega, e o local deve possuir controle de temperatura e humidade.

O processo de cura térmica mais usado em fábricas de blocos de betão é a aumento da temperatura com a inserção de vapor na câmara térmica à pressão atmosférica. De acordo com a variação do ciclo de produção de cada fabrica, a temperatura e duração do ciclo térmico também varia.

e) Transporte e Armazenamento

FILHO, (2007, p. 73), diz que “[...] os blocos são transferidos, manualmente ou automaticamente, para um palete maior de madeira, num processo denominado cubagem. Máquinas próprias para este procedimento são operadas por apenas uma pessoa, enquanto em processos manuais duas ou mais pessoas.”

Após o seu armazenamento, os blocos já estão prontos para a comercialização. Em alguns casos que é feita uma encomenda para que se cumpra certos requisitos técnicos, é nesta fase em que faz se a entrega.

2.1.8. Normas Técnicas

Moçambique é um país em que maior parte dos seus regulamentos são baseados em regulamentos usados em Portugal.

Para os blocos estruturais de betão, são utilizadas as seguintes normais:

- REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armada e Pré-Esforçados): este regula os parâmetros a serem usados para estruturadas de betão armado, betão pré-esforçados e armaduras;
- EUROCÓDIGO 6 (versão portuguesa, 2016): este regula os parâmetros dos blocos estruturais, tanto de betão quanto os cerâmicos e outros;
- RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas, versão portuguesa): este regula os parâmetros das edificações urbanas e as entidades responsáveis pela construção.

2.1.9. Técnicas de Construção

Para a construção de edifício com uso da alvenaria de blocos de betão estrutural, é mandatário que seja construído com maior precisão possível, com o auxílio de ferramentas e equipamentos necessários.

Como mão-de-obra é necessário o uso de pedreiros, serventes e carpinteiros. Neste método de construção de alvenaria não é necessário o uso de armadores nesta fase da construção, pois não há presença de pilares e vigas e as armaduras são colocadas pelo próprio pedreiro nos vazios dos blocos.

O pedreiro deve ser bem orientado, explicando-lhe todos os detalhes necessário para que a alvenaria seja bem executada.

Na tabela 2, descreve a influência da qualidade da mão-de-obra na execução da alvenaria com a resistência final.

Tabela 2: Factores influentes da resistência da alvenaria.

	Redução na resistência
Reentrância nas juntas	25%
Varição na espessura das juntas (16 mm)	25%
Desvio de prumo (12 mm)	15%
Juntas verticais não preenchidas	nenhuma

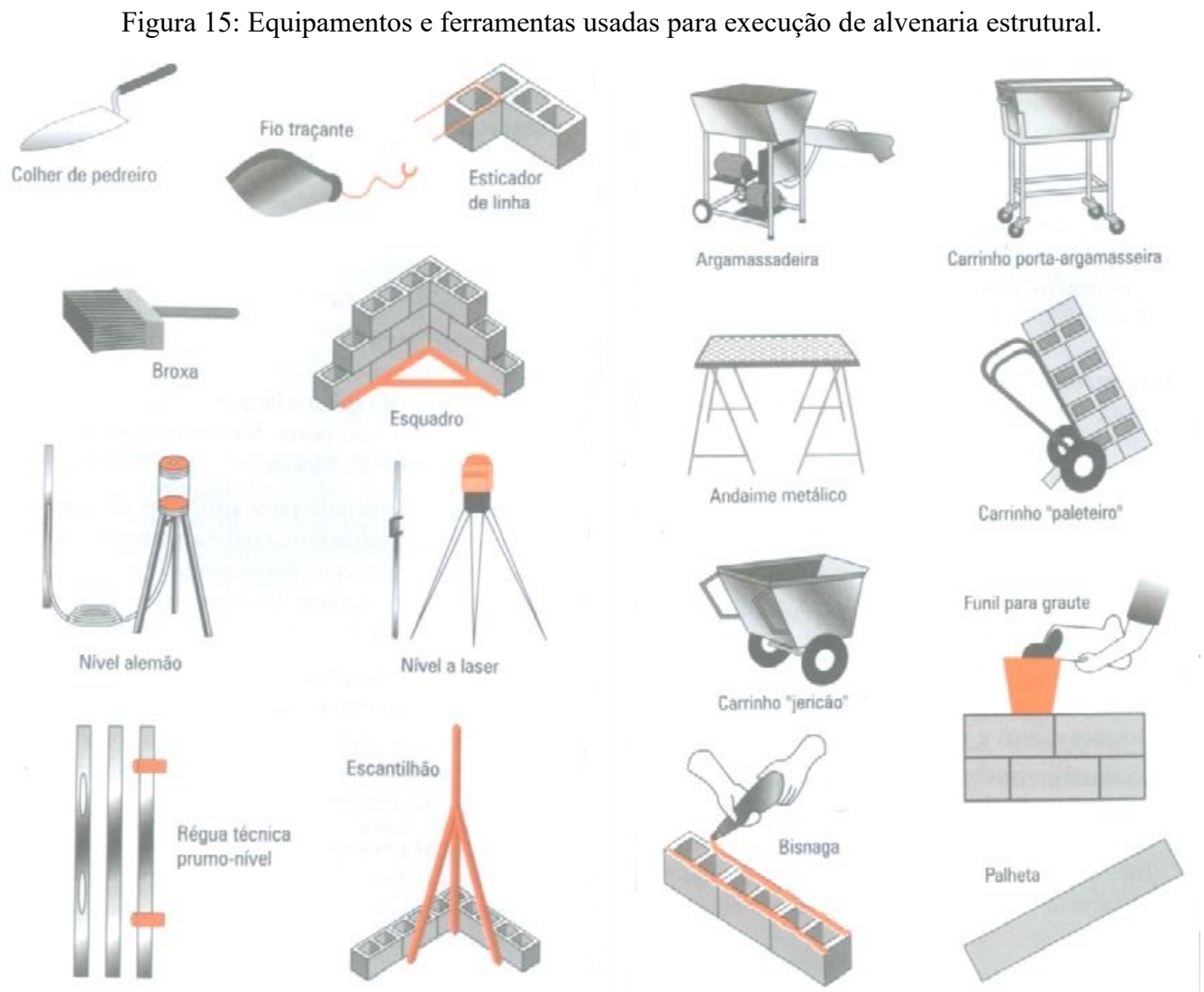
Fonte: NÚCLEO DE ENSINO E PESQUISA DA ALVENARIA ESTRUTURAL – NEPAE (2006).

De acordo com NONATO, (2013), explica que os principais factores relacionados à mão-de-obra que devem ter atenção especial no momento da execução da alvenaria:

- a) Controlo da argamassa: o traço da argamassa deve ser o mesmo em toda alvenaria ou diferente em casos em que o projecto especifica.
- b) Juntas: as juntas devem ser preenchidas na sua totalidade e espessura da junta deve ser uniforme para toda a obra.
- c) Assentamento: não é permitido a perturbação dos blocos após o assentamento, com risco de alterar a aderência do bloco com a argamassa e eventualmente diminuindo a resistência da alvenaria.

- d) Prumo da parede: o não alinhamento da parede em pavimentos consecutivos, estão sujeitas a introdução de solicitações não previstas no projecto, neste caso as excentricidades adicionais de carregamento.

A mão-de-obra é um dos factores que determinam a qualidade de uma obra, uso de mão-de-obra qualificada garanti uma boa execução, principalmente em casos, em que a argamassa e betão de preenchimento são produzido no local da obra. Na figura 15, ilustra as ferramentas e equipamentos que são usados para e execução de alvenaria de blocos de betão estrutural.



Fonte: (MANZIONE, 2004).

Em sua obra, NONATO, (2013), explica com detalhes o processo de execução das alvenarias estruturais, e também explana que são divididos em dois grupos: marcação e elevação.

2.1.9.1. Marcação

Esta primeira fase, NONATO, (2013), descreve o seguinte:

1º passo: Esquadro e Nível – com auxílio do nível alemão, procura-se o ponto mais alto da laje e faz-se o assentamento do primeiro bloco que terá a função de referência de nível.

2º passo: Colocação de eixos – são colocados os eixos de acordo com o projecto (planta de primeira fiada) com ajuda da linha de pedreiro, e são colocados os blocos de amarração dos cantos da edificação e nos encontros das paredes.

3º passo: lançamento dos blocos estratégicos – com os eixos dos blocos marcados e o bloco de referência assentado, procede-se o assentamento dos blocos estratégicos, que de seguida deve-se verificar o alinhamento das amarrações.

No anexo A-1, se ilustra os passos 1,2 e 3 de execução.

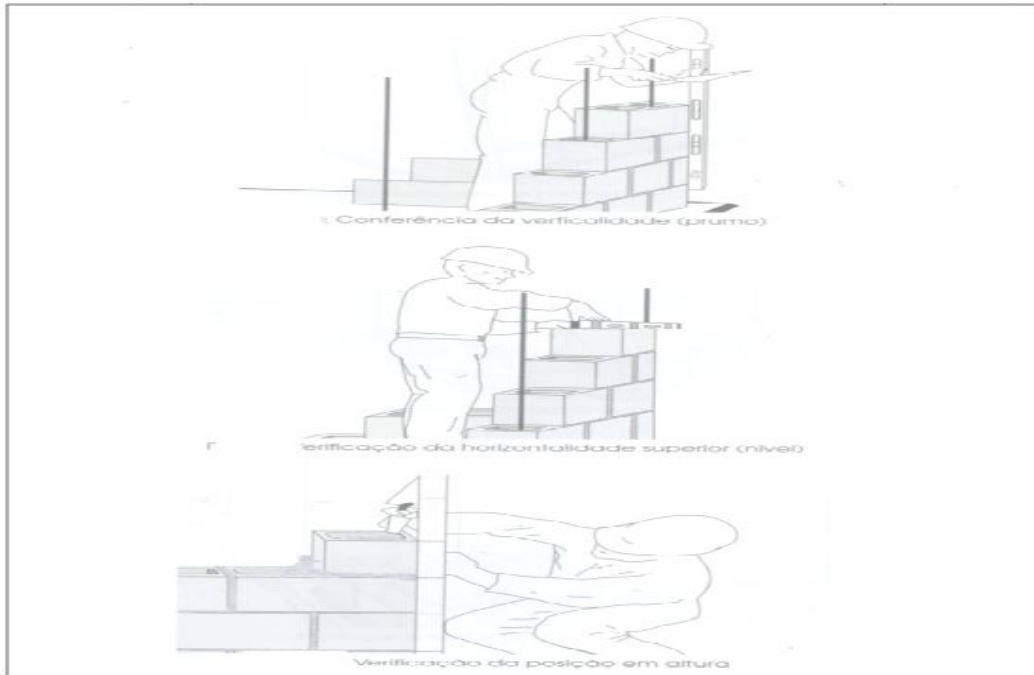
4º passo: Assentamento da primeira fiada – utilizando a linha de pedreiro, fixada no topo dos blocos estratégicos, regula-se o nível dos blocos e o alinhamento, permitindo o assentamento da primeira fiada de blocos. No anexo A-2, têm-se os passos 4, 5 e 6; no anexo A-3, têm-se os passos 7, 8 e 9 e no anexo A-4 têm-se os passos 10 e 11.

2.1.9.2. Elevação

Nesta segunda etapa, é construída a propriamente dita parede de alvenaria estrutural, no que é importante verificar o prumo, nível, alinhamento e o quão plano está a parede, de acordo com a figura 16 e 17.

A verificação dos itens anteriormente mencionados, deve ser constante durante todo o processo de construção da alvenaria e deve ser feita pelo próprio pedreiro responsável pela construção, mas é recomendado o uso de fiscais.

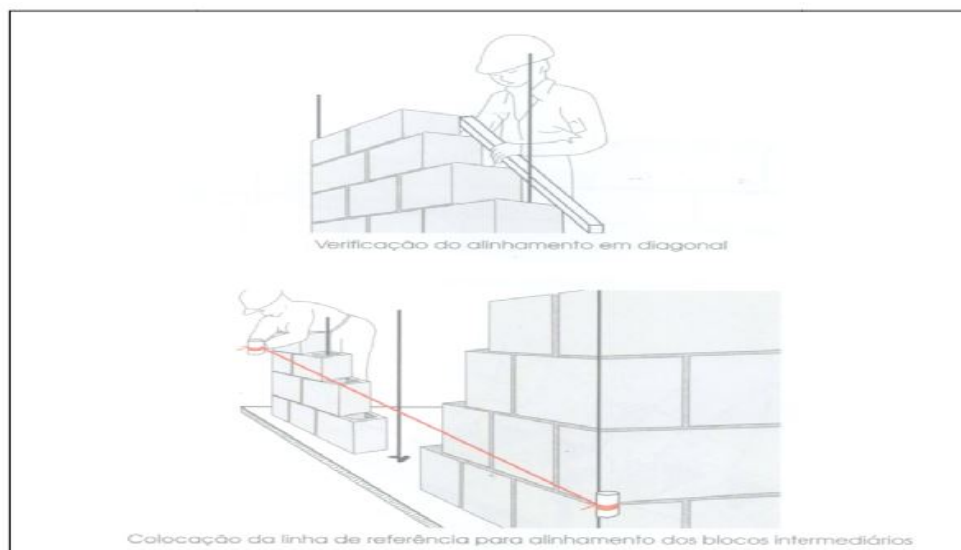
Figura 16: Verificação do prumo, fiadas e nível.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

Nesta fase da elevação das paredes, deve-se garantir o alinhamento pleno dos blocos para que não possamos ter paredes for do prumo.

Figura 17: Verificação da diagonal e alinhamento para blocos.



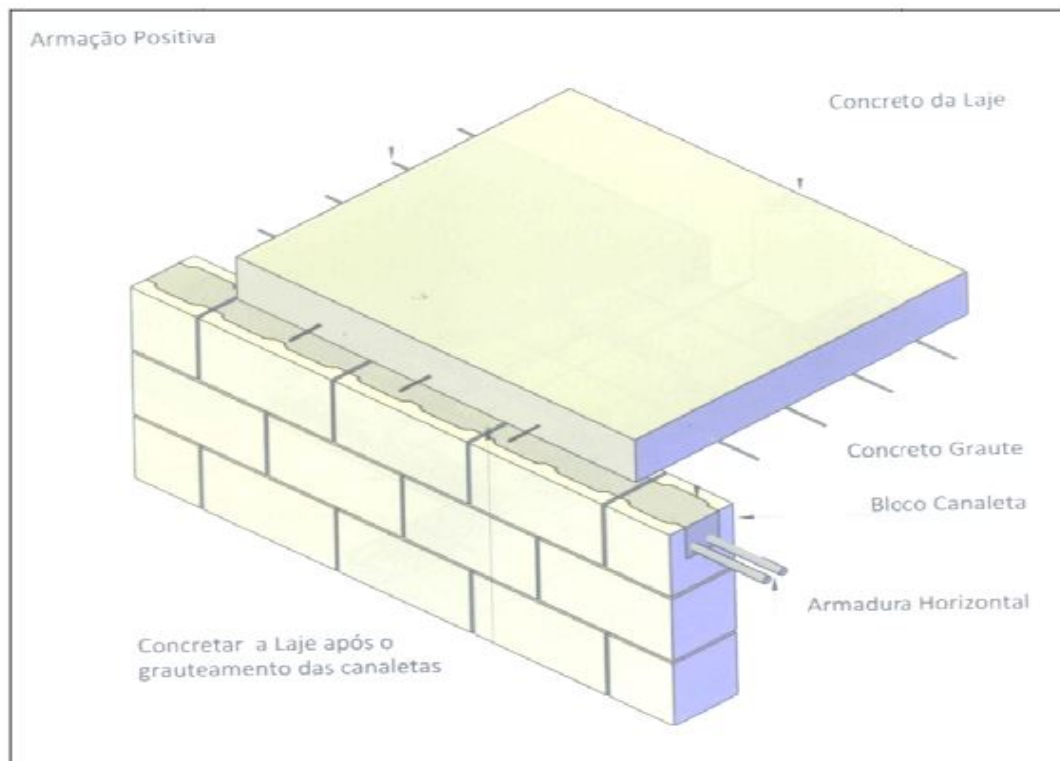
Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

Para o alinhamento dos blocos, também é utilizado linhas de referências na diagonal para verificação do nível dos blocos e como guia de referência para os blocos subseqüentes.

De acordo com SABBATINI, (2003), propõem algumas providências para o processo de construção de alvenaria:

- As construções das alvenarias estruturais não podem ser executadas debaixo de chuva;
- Deve-se garantir que os blocos estejam secos para serem assentados, para não prejudicar a aderência entre a argamassa e o bloco;
- Não é permitido o corte de blocos para ajuste da modulação, deve-se fazer a utilização de blocos especiais que devem estar previstos no projecto;
- A coroação deve ser feita com uso de blocos de betão do tipo U e J, e que devem estar perfeitamente nivelados e preenchidos com betão antes da montagem da laje, conforme esta ilustrado na figura 18.

Figura 18: Coroamento geral com uso de bloco de betão tipo U.

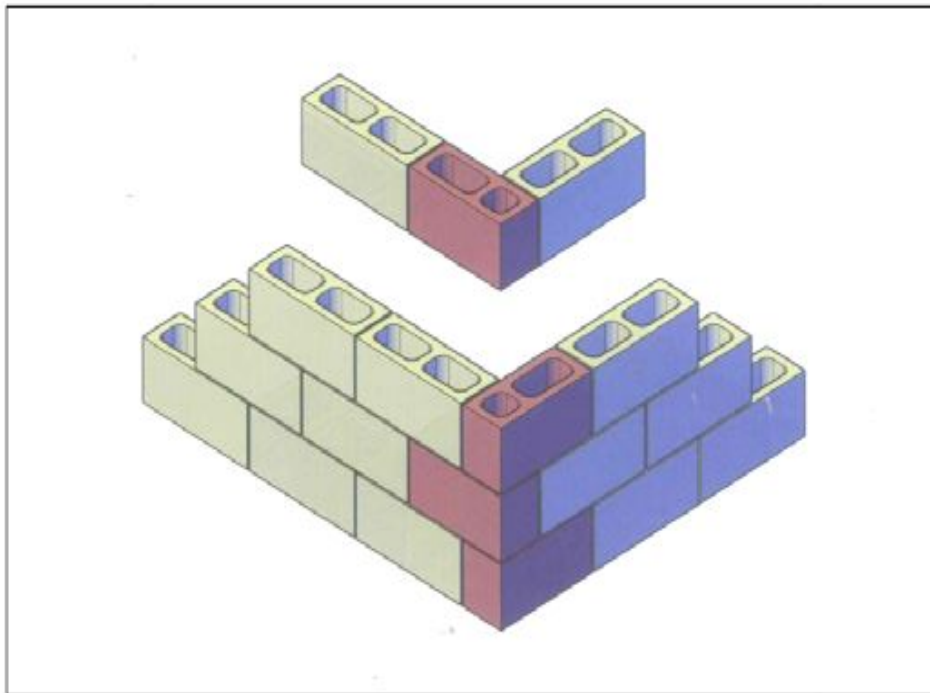


Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

- A união entre paredes não estruturais e estruturais, deve ser feita por amarração de blocos (ilustrado na figura 19).

Não é recomendado o uso de grampos metálicos feitos por varões (ilustrado na figura 20), além de introduzir mais uma etapa na obra é de difícil fiscalização, propiciando a aparição de patologia;

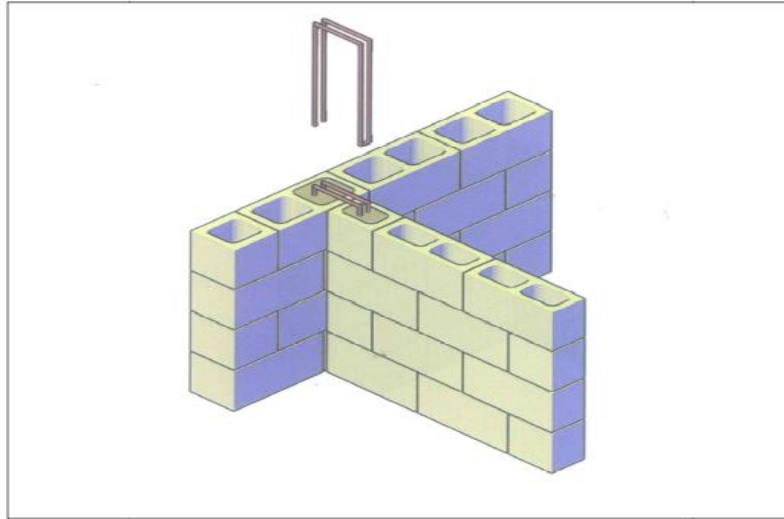
Figura 19: União de blocos por amarração.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

A figura acima, apresenta um exemplo de modulação perfeita, em que os blocos são encaixados perfeitamente e criam um espaço vazio, no que mediante ao projecto pode-se dar o caso de ser um local para colocação de betão de preenchimento, entretanto esta é a melhor forma de execução de vértices na alvenaria.

Figura 20: União de blocos por meio de grampos.

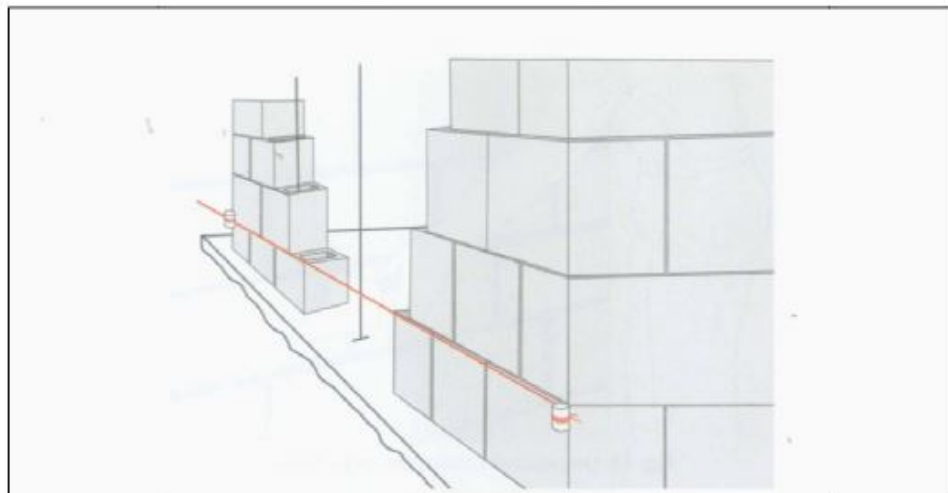


Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

A figura acima, apresenta uma técnica pouco usada que consiste em fazer a amarração dos blocos por meio de grampos de aço. Observa-se que não existe a modulação perfeita, e é um local que está propenso a falhas estruturais, pode originar fissuras.

Segundo NONATO, (2013), a elevação dos blocos é “feita de fora para dentro, ou seja, o assentamento dos blocos começa das paredes externas em direção as paredes internas, cuja técnica é conhecida como técnica do castelo”, como esta ilustrado na figura 21.

Figura 21: Técnica conhecida como castelo.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

Ao decorrer do processo de assentamento dos blocos, são fixados os aros das portas e janelas para marcação dos vãos das janelas e portas, conforme a figura 22.

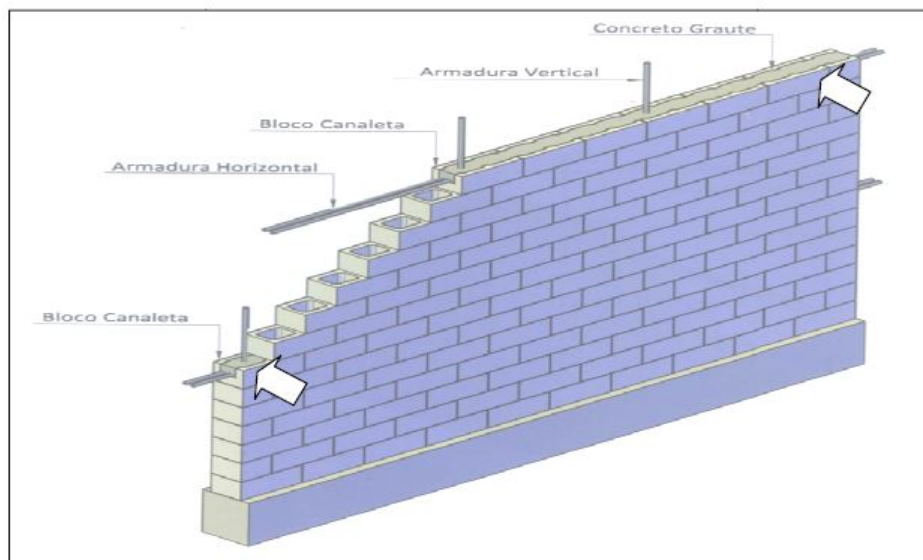
Figura 22: Aros metálicos para vãos de portas.



Fonte: (NONATO, 2013).

A colocação do betão de enchimento, é feito em duas circunstâncias, na sétima fiada para paredes externas e na última fiada em todas as paredes estruturais, conforme mostrado na figura 23.

Figura 23: Betão de enchimento.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

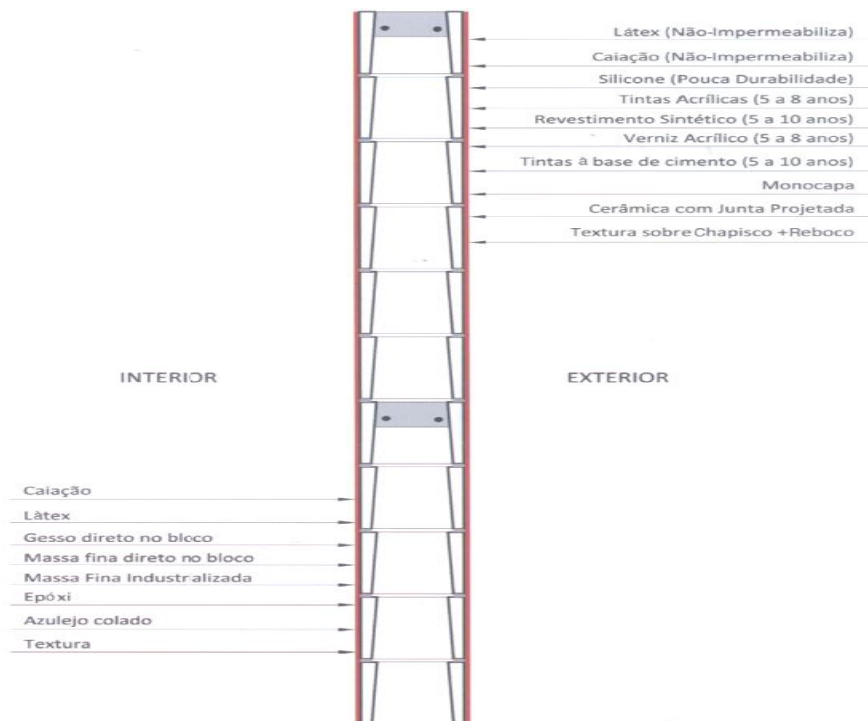
Antes da colocação do betão de enchimento, deve-se fazer a limpeza dos vazios dos blocos que receberão o betão de enchimento, retirando todo o excesso de argamassa de assentamento para que o betão possa preencher todo o bloco e garantir a sua funcionalidade plena.

2.1.10. Revestimentos

A construção de paredes com alvenaria estrutural, é imperioso ter um alto nível de qualidade de execução, uso de materiais de boa qualidade, mão-de-obra especializada e uma fiscalização rigorosa e rotineira, pequeno desvio do prumo faz com que haja revestimento com menor espessura, consequentemente proporciona uma economia nos custos. (MANZIONE, 2004).

Nos revestimentos externos deve-se trabalhar com espessura entre 2 e 3 cm. Já para revestimentos internos é usual o revestimento em gesso liso aplicado directamente sobre o bloco com espessuras em torno de 0,5 cm. Para áreas molhadas utiliza-se o emboço e posterior assentamento de revestimento cerâmico. A seguir, na figura 24, observar-se os tipos de revestimentos exteriores e interiores que se aplica nas paredes de alvenaria estrutural.

Figura 24: Revestimentos.



Fonte: (TAUIL E NESSE, 2010).

2.1.11. Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

De acordo com DELLATORE, (2014 p.32):

“A alvenaria estrutural está em desenvolvimento e ganha espaço na construção civil, as principais características que aceleram esse crescimento e que se destacam em relação aos outros sistemas construtivos é a velocidade de execução, a flexibilidade que o sistema é capaz de adoptar e a economia referente aos custos da construção. ”

Em Moçambique, o bloco estrutural é usado para execução de fundações, pois ainda não possuem o conhecimento das vantagens do uso de blocos estrutural para execução de alvenaria.

2.1.11.1. *Vantagens*

A alvenaria estrutural apresentada as seguintes vantagens, de acordo com (BUENO E MELLO, 2020):

- Dois em um, além da função de vedação ela é estrutural;
- Baixo custo de mão-de-obra e aquisição de material;
- Pouco desperdício do material;
- Pode ser aplicado o gesso directamente a superfície da alvenaria, conseqüentemente há uma redução no uso de chapisco e esboço;
- Poucos funcionários para a carpintaria e montagem de armaduras;
- Pouco uso de cofragens em relação ao sistema convencional;
- Constituído por paredes e lajes, não existem vigas e lajes fazendo com que as paredes absorvam e distribuam as cargas do edifício;
- Proporcionam canteiros de obras mais organizados e limpos;
- Menores gastos, actividades desnecessárias e tempo de execução da obra.; e
- Em comparação ao sistema convencional, pode gerar até 15% em economia de custo de execução.

Proporciona excelentes vantagens, que permite ter uma construção de boa qualidade e que gera economia para a obra.

2.1.11.2. *Desvantagens*

Segundo (RODRIGUEZ, 2018), as principais desvantagens são:

- Impossibilita a mudança ou remoção não planeadas;
- A alteração do projecto não pode só se focar na alvenaria, também deve ter em conta os demais projectos como o projecto hidro sanitário, para que não se comprometa a resistência da edificação;
- Para garantir a qualidade da execução é necessária uma fiscalização extremamente criteriosa;
- Mão-de-obra especializada; e
- É um processo construtivo limitada e que não pode ser usado em qualquer tipo de projecto.

Este método não é perfeito, apresentando suas desvantagens que estão ligadas aos aspectos técnicos que devem ser considerados para não execução uma alvenaria com defeitos.

2.2. Alvenaria de Insulating Concrete Forms (ICF)

2.2.1. Conceito

De acordo com MENDES, (2012), o EPS provém da sigla inglesa que significa *Expanded Polystyrene*, que é vulgarmente conhecido em Moçambique como *Esferovite*.

O ICF (*Insulated Concrete Forms*) é um sistema construtivo de alvenarias de vedação ou estruturais que é constituído por duas placas de EPS paralelas entre si que são unidos por peças plásticas, de aço ou uma teia do mesmo material, em que na maioria das vezes é usado o EPS.

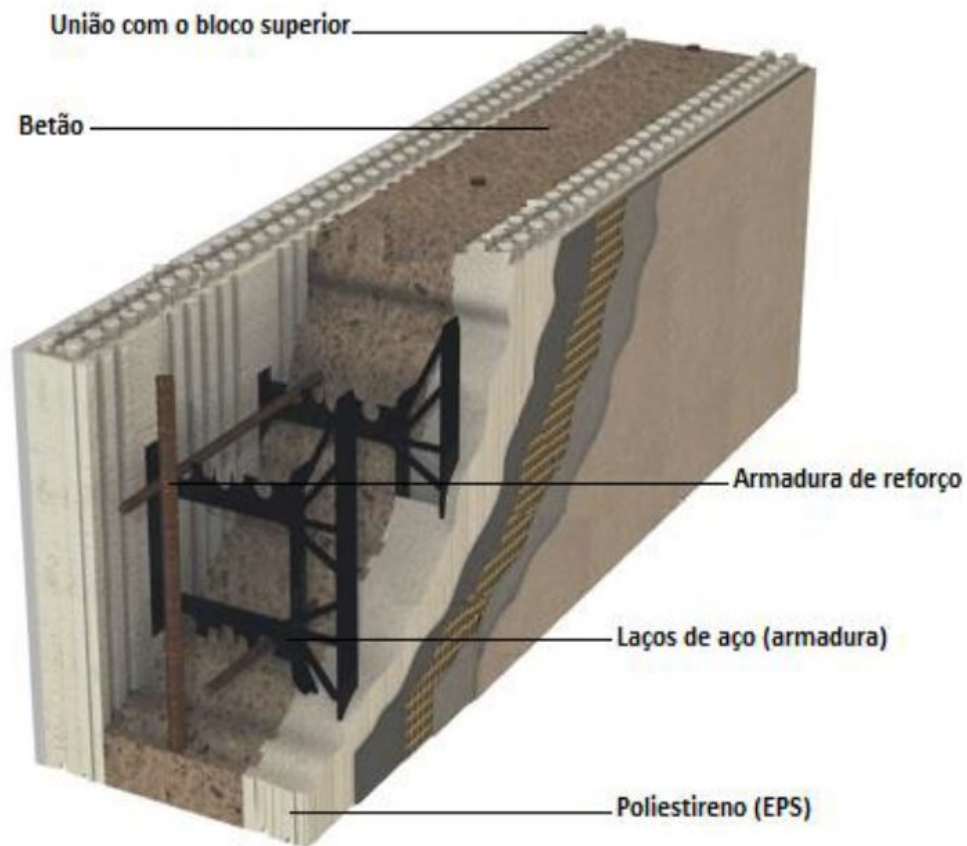
Painéis relativamente leves, que tem a função de cofragem permanente não recuperável e o EPS também funciona como um isolador. Dentre os vários modelos de ICF que existem, a principal diferença entre eles reside na variação da espessura interna, ou seja, da espessura do betão no interior. Na figura 25, pode-se observar um exemplo do bloco de ICF.

Segundo GONÇALVES, (2013) pode-se dividir os modelos em:

- “*Flat*” (3ª geração) –o betão apresenta a mesma espessura em toda a área da parede. E é aconselhável em zonas de forte intensidade sísmica ou condições meteorológicas agravadas.

- “*Waffle Grid*” (2ª geração) – cria um padrão tipo nervurada, o que leva a uma maior espessura de betão em alguns locais.
- “*Post & Beam*” ou “*Screen grid*” (1ª geração) – forma colunas verticais e horizontais de betão. As áreas dentro da grade são de isolamento sólido, aumentando o valor do coeficiente de transmissão térmico (U), mas diminuindo a resistência ao fogo da parede.

Figura 25: Anatomia de um bloco de ICF.



Fonte: (GONÇALVES, 2013).

Pode-se observa na figura acima, que temos dois painéis de EPS ligados por uma peça de aço que no interior e colocado betão armado.

2.2.2. História do sistema ICF

A indústria de construção civil exerce uma função grande no impacto ambiental, pois há um consumo excessivo de recursos naturais não renováveis para fabricação de materiais. No processo de construção convencional existe um desperdício elevado de resíduos que podem ser originados pela demolição e utilização. Por conta desses factores, a indústria de construção viu a necessidade de evoluir seus métodos construtivos, para poder obter métodos mais sustentáveis.

O emprego de ensaios químicos, feitos pelos cientistas Karl Buchholz e Fritz Stasny na Alemanha, foi possível a criação de EPS, isso em 1949. (MARTINS, 2017).

Nesta época, foram utilizados polímeros e monómeros de estireno, fabricados a partir do petróleo, que após a mistura com gases eles se expandem e formam o poliestireno.

De acordo com JESUS E BARRETO, (2018), explicam que o ICF originou no continente europeu como solução de baixo custo e resistente para a reconstrução após a Segunda Guerra Mundial, ocorrido em 1939-1945. Os cientistas August Schnell e Alex Bosshard, registaram a primeira patente.

No Canada, surge a primeira patente, desenvolvida pelo Werner Gregori. Esta tinha dimensões de 16 polegadas de altura por 48 polegadas de comprimento, com ranhuras internas, aço e um núcleo semelhante a um *waffle*.

A grande ausência do controlo de desperdício de polímeros, como solução para aproveitamento deste material foi adoptado o uso do EPS na construção civil. O uso de painéis /blocos feitos de EPS aumenta a sua utilização ao redor do mundo, por conta da sua tecnologia.

Na Itália, antes da Primeira Guerra Mundial surge esse método construtivo que durante os anos de 70 a 80 foi melhorado nos Estados Unidos da América.

2.2.3. Características e composição

O ICF é feito maioritariamente de EPS, em alguns casos com presença de outros elementos como peças plásticas e metálicas.

Na sua execução, os blocos são encaixados entre si, e no seu interior são preenchidas com betão armado, proporcionando nas paredes termo acústicas estrutural e de vedação, construção económica num todo, rápida, eficiente, segura e amiga do meio ambiente. (ANTUNES; FILHO, 2021).

Segundo os mesmos autores, o EPS faz parte do grupo dos materiais termoplásticos, de acordo com a norma ISO – 1043/78.

De acordo com SIAS, (2006), “o EPS é um material rígido, advindo da polimerização do derivado de petróleo (estireno) em água, no qual seu produto são pérolas de aproximadamente três milímetros de diâmetro, que apresentam em seu volume até 98% de ar e 2% de poliestireno”.

Em função do tipo da edificação, o sistema ICF pode proporcionar uma economia significativa por causa do seu baixo peso diminuir o esforço a ser exercido nas fundações. O autor explica que se obtêm coeficiente de transmissão térmica (U) entre valores de $0,30 \text{ w/m}^2\text{K}$ e $0,11 \text{ w/m}^2\text{K}$.

Por meio da fusão, elas podem aumentar o seu volume em até 50 vezes, no que lhes dá a possibilidade de moldarem-se em qualquer tipo de forma (ANTUNES; FILHO, 2021).

Como pode-se observar na figura 26, a sua forma primária de obtenção.

Figura 26: Modelo primário de EPS.



Fonte: (<http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html> acessado em 01/03/2022).

No mundo, a indústria da construção civil é a que mais usa o EPS e possui diversas aplicações no ramo como por exemplo, para exercer a função de isolamento térmico e também como método construtivo.

Relativamente aos tamanhos de blocos de ICF, dependem exclusivamente de cada empresa produtora. Portanto, é de costume que as empresas de construção civil de outros países, como Canadá, Estados Unidos da América, Inglaterra e outros, possuam suas próprias fábricas pois podem desenvolver e produzir blocos de vários tipos e tamanhos, entre de vedação e estrutural.

Também, é usado o EPS para construção de piscina, escadas, abobadilhas para lajes nervuradas, caves, entre outros.

Segundo o ROCHA, (2021), as formas estruturais, designada por *iForms 18* da ICF construtora inteligente, que é produzido por eles, apresenta as seguintes características:

- Rendimento por forma (m²): 0,5;
- Formas por m² (un/m²): 2;
- Peso próprio (kg//m²): 2,9;
- Peso com betão armado (kg/m²): 179;
- Coeficiente de produtividade (Hh/m²): 0,4;
- Consumo de betão (m³/m²): 0,072;
- Densidade do EPS Classe F (kg/m³): 26;
- Absorção de umidade (%): 0;
- Resistência do EPS a temperaturas extremas (°C): 80;
- Resistência Térmica (W/m²°K): 0,29; e
- Resistência sonora em decibéis (dB): 55.

Pode-se observar que, o *iForms 18* apresenta boas características físicas, que aumentam a qualidade da alvenaria em ICF.

2.2.4. Obtenção dos Blocos de ICF

O EPS é rígido e leve, composto somente de carbono, hidrogénio e 98% de ar, formado pela expansão das esferas de estireno. A sua principal matéria-prima é o poliestireno, que são

esferas com 0,5 mm a 2,4 mm de diâmetro, que possui no seu interior gás pentano (C_5H_{12}), que tem a função de expandir as esferas, ilustrado na figura 27.

Figura 27: Processo de produção de EPS.



Fonte: (BERTOLDI, 2017).

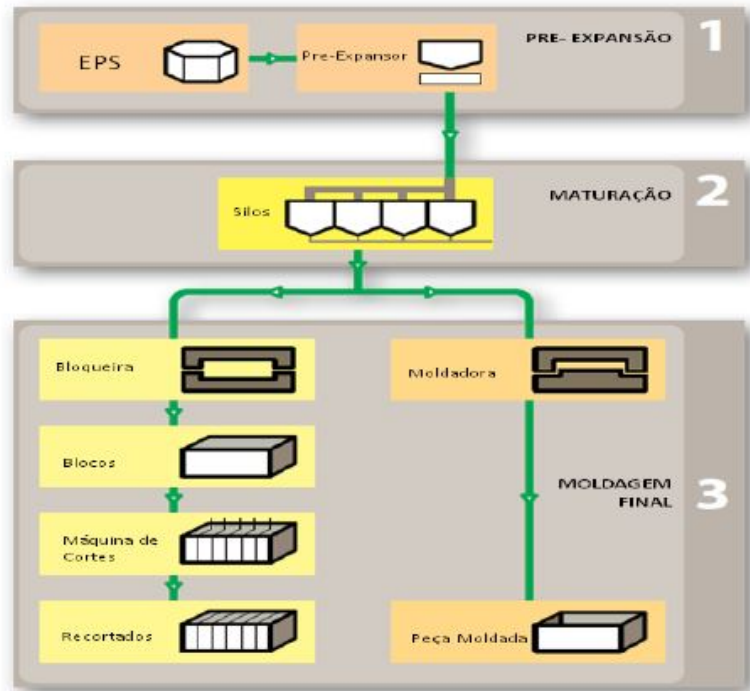
As esferas de poliestireno expandido são levadas para uma máquina pré-expansora, que inicia o processo de crescimento por causa da saída do gás pentano, que é aquecido a temperaturas que podem chegar $90^{\circ} C$, ou seja, vão aumentar o seu volume e perder sua densidade, tornando-se esferas leves.

A pré-expansora é alimentada por vapor de água que vêm de uma caldeira. E, após a saída das esferas do pré-expansora, as esferas de poliestireno são armazenadas em grandes silos, que são transportadas da pré-expansora até aos silos por meio de tubulação que passa por meio de ar comprimido.

O poliestireno expandido é injectado em grande molde por meio de ar comprimido, permitindo a entrada de vapor e prensando-o. O vapor introduzido faz com que o gás pentano restante nas esferas seja retirado para que possa aumentar um pouco mais o seu volume e com ao

auxílio da temperatura eles vão aglutinar-se uns nos outros, e como resultado teremos blocos, painéis, formas e outros, conforme ilustrado na figura 28.

Figura 28: Processo de produção de blocos de EPS.



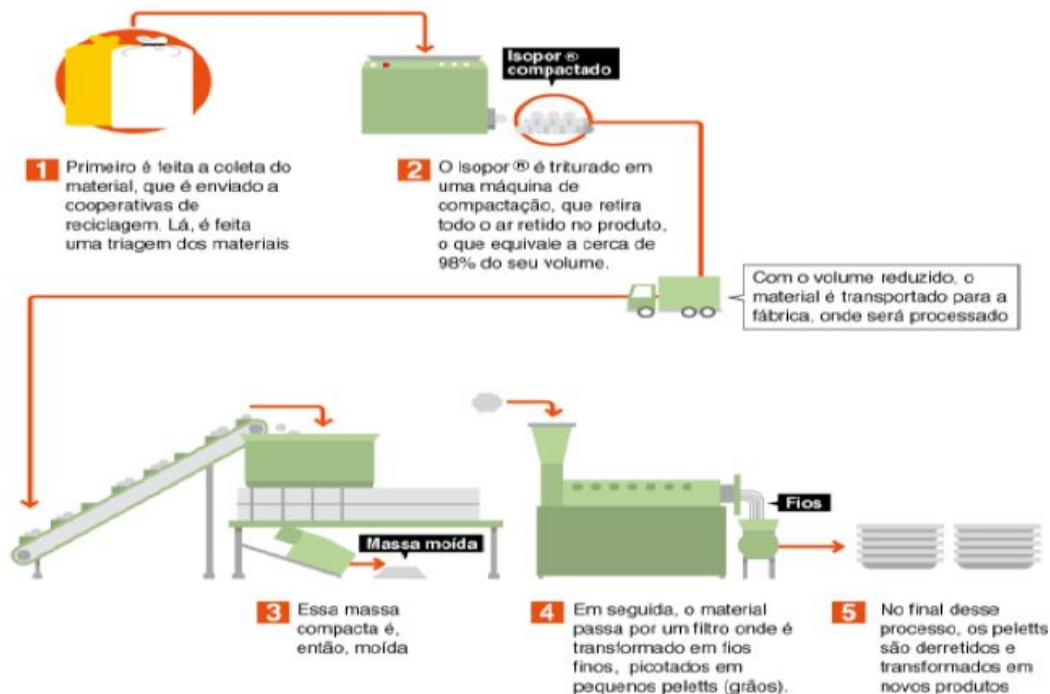
Fonte: (BERTOLDI, 2017).

Algumas empresas de construção civil que possuem sua linha de produção, elas compram o EPS junto dos seus fornecedores, e em seus armazéns elas modelam de acordo com os seus produtos. Algumas optam por fabricar painéis de EPS e outras blocos de ICF, tanto que, as que decidem produzir os blocos de ICF tem várias opções de dimensões, em função da necessidade da sua comunidade local.

Para poder-se ter uma resistência elevada, depende exclusivamente do quão ele foi expandido, ou seja, quanto mais for expandida menos denso é e mais fraco é, no que é mais utilizada na produção de embalagens comerciais. Quanto menos expandido, mais denso e conseqüentemente mais resistente, no que é mais usado na produção de objectos resistentes ao impacto, como o capacete.

EPS, é um material amigo do ambiente, ou seja, ele é reciclável. A reciclagem do EPS é bastante simples, que consiste na recolha do material, de seguida é colocado numa máquina de compactação onde é triturado e retirado o ar das esferas. De seguida, é transportado para a fábrica, para ser reprocessado e gerar novos produtos, conforme da figura 29.

Figura 29: Processo de reciclagem do EPS.



Fonte: (BERTOLDI, 2017).

O processo de reciclagem é bastante simples, apenas é só observar como se o material reciclado estivesse a vir do fornecedor, tanto que passa pelo mesmo processo.

2.2.5. Normas Técnicas

Para o sistema em ICF, são utilizadas as seguintes normas:

- REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçados): este regula os parâmetros a serem usados para estruturas de betão armado, betão pré-esforçados e armaduras;
- Decisão de Execução (UE) 2022/381 da comissão de 4 de Março: regula o uso de EPS para construção civil; e

- RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas, versão portuguesa): este regula os parâmetros das edificações urbanas e as entidades responsáveis pela construção.

2.2.6. Técnicas de Montagem

Neste item, são explanadas as principais etapas do processo de construção de parede com utilização do método construtivo o sistema ICF.

A fundação é a parte que absorve os esforços e transmite para o solo. O sistema ICF aceita qualquer tipo de fundação, porém é recomendado que se faça o uso de fundação rasas como o radier e sapata corrida, pois por se tratar de sistema autoportante e também porque ajudam no posicionamento e colocação das formas.

a) Ancoragem das Blocos

Segundo GONÇALVES, (2013), explica que a “ancoragem só é feita após a construção da fundação, que são deixados barras de aço, geralmente com 100 cm para ancoragem e que são intercalados a cada 30 cm normalmente”, como representado na figura 30. As dimensões como do comprimento do aço para ancoragem e espaçamento entre os varões depende do projecto, também o diâmetro do varão serão de acordo com o projecto, de seguida inicia a primeira fiada de blocos.

Figura 30: Colocação da primeira fiada.



Fonte: (BERTOLDI, 2017).

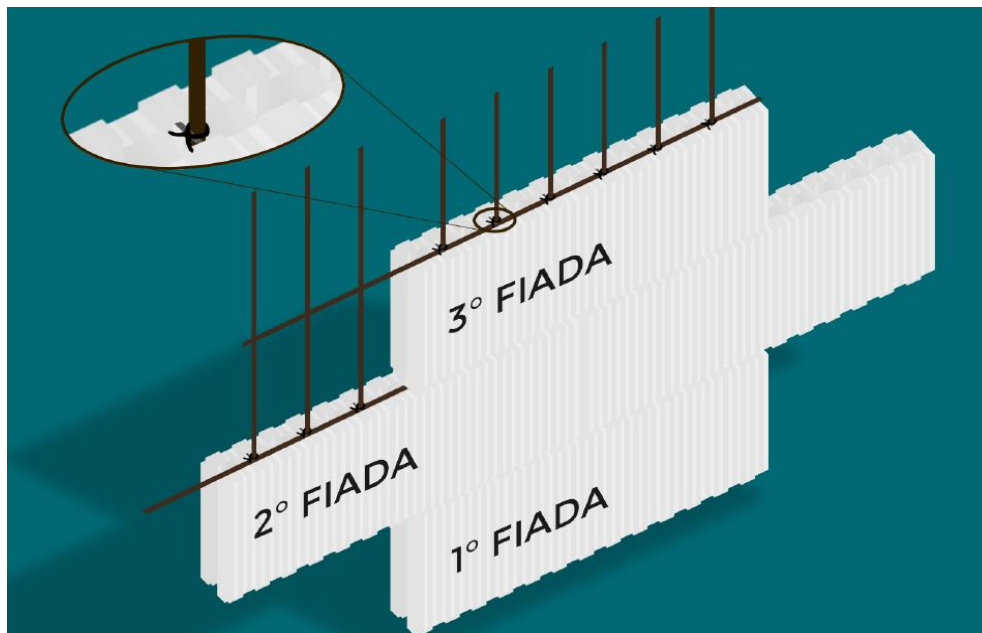
b) Assentamento dos Blocos

A construção de alvenaria usando os sistemas ICF, não tem diferenças significativas em relação a montagem, pois são usados quase os mesmos princípios.

Segundo ROCHA, (2021), explica que para a execução da primeira fiada de blocos de ICF inicia pelos cantos indo em direcção ao centro, verificando sempre o seu nivelamento, alinhamento e esquadrejamento. Por causa da simetria das formas, elas podem ser revertidas, permitindo que não se diferencia o lado esquerdo ou direito.

Consiste em intercalar os blocos que possuem encaixe do tipo macho-fêmea. Após a conclusão da colocação da primeira fiada em toda a obra, segue-se para as demais fiada. A colocação de armadura horizontal vai em função do projecto. Conforme na figura 31.

Figura 31: Posição de assentamento das fiadas.



Fonte: (ROCHA, 2021).

Deve-se delimitar os vãos de portas e janelas com aros, preferencialmente pré-moldados ou cavaletes em madeira ou EPS. Deve-se proceder por escorar as paredes depois de concluir pelo menos 4 (grupo) fiadas, para garantir que as paredes fiquem planas.

Após a conclusão de assentamento de todos os blocos, paredes bem alinhadas, verificados todos os pontos em que o betão pode escapar tanto na parte de baixo da parede como em outros pontos, nos vãos e chegar na cota pretendida, procede-se a betonagem das formas, que preferencialmente deve vir de uma central de betão. Ilustrado na figura 32 e na figura 33.

Figura 32: Paredes prontas para a betonagem.



Fonte: (BERTOLDI, 2017)

Na figura acima, pode-se observar que já foram montados todos os blocos de ICF á cota pretendida, aros de madeira nos vãos das portas e janelas e as paredes foram escoradas.

Pode-se ainda observar que há ausência de paredes internas, pois é usado paredes divisórias como por exemplo paredes de gesso, paredes de madeira com fibras de média densidade, entre outros para a execução de paredes internas.

Esta técnica é muita usada no continente europeu e americano, em que as paredes estruturais são apenas as paredes externas e a espessura da mesma parte de 25 cm.

Figura 33: Betonagem da parede.



Fonte: (<http://today3tech.blogspot.com/2013/10/sistema-constructivo-inovador.html> acessado 25/02/2022).

Na figura acima apresentada, observar-se que é feita a betonagem dos blocos com betão de uma central e percebe-se que a betonagem é feita na ausência de vibrador.

c) Instalações Eléctricas e Hidráulicas

De acordo com ROCHA, (2021), “as instalações eléctricas e hidráulicas se encaixam em aberturas executadas com qualquer ferramenta de corte, na superfície das formas de EPS, [...]”. O próprio pedreiro pode fazer os cortes, uma vez que ele tem o conhecimento do trajecto da instalação, pode realizar a abertura com ajuda de aparelho de corte ou soprador de are quente, ou mesmo um estilete, como ilustrado na figura 34.

O corte é simples e prático, que se for feito com materiais adequados torna ainda mais fácil. Também pode se utilizar faca quente.

Figura 34: Corte para instalação eléctrica e hidráulica.



Fonte: (DEVENPORT, 2019).

Segundo o ROCHA, (2021), explica que as tubagens para instalações eléctricas que tenham um diâmetro maior que 10 cm, devem ser colocados no interior das formas em locais destinados, de acordo com o projecto, e para as tubagens hidráulicas e sanitárias que tenha um diâmetro maior que 4 cm devem-se colocar no interior das formas.

2.2.7. Revestimentos

Na fase de revestimento, este método construtivo aceita qualquer tipo de revestimento, porém é preciso tomar atenção em alguns detalhes.

De acordo com ROCHA, (2021), para a aplicação de revestimentos nas paredes externas, procede-se primeira com chapisco de argamassa de cimento colante e resina polimérica que é projectada sobre uma tela de poliestireno (PVC) de alta densidade, enquanto para as paredes internas, não é necessário o uso da tela de poliestireno, pode ser usado directamente a argamassa colante com resina polimérica, conforme ilustrada na figura 35.

Figura 35: Revestimento de paredes externas.



Fonte: (ROCHA, 2021).

2.2.8. Vantagens e desvantagens do sistema ICF

Segundo o ROCHA, (2021), este sistema fornece vantagens na construção de edifício, cumprindo todas as exigências de sustentabilidade que inclui a redução de emissões de carbono, economia dos custos de operações de edificações, melhoria das condições de bem-estar, reciclagem do EPS, redução no impacto ambiental e aumento significativo na vida útil da construção.

Tem impacto no valor global da obra, ou seja, no ponto de vista da obra por completo observa-se uma redução do custo. Contribui para a redução significativa do consumo de energia eléctrica para o uso de ar condicionado, por conta do seu alto desempenho térmico.

Com este sistema, pode-se ter uma redução significativa no desperdício de materiais e melhorar a eficiência física das construções.

Por, todavia, este sistema não é perfeito, e apresenta algumas desvantagens. Considera-se que as principais desvantagens sejam, a distância do local da obra em relação a fabrica ou distribuidora no que tende de aumentar os custos com aspectos logísticos.

Em situações que, por orientação do engenheiro estrutural a tubagem da instalação eléctrica e hidráulica esteja por dentro do bloco, deve-se garantir que se sigam todos os passos para que não haja erros, pois não haverá mais possibilidades de ter acesso a essas tubulações.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE PESQUISA

A presente pesquisa teve como base a pesquisa bibliográfica, dispondo de fontes como livros, revistas e artigos científicos.

O presente capítulo aborda sobre os procedimentos da pesquisa, portanto a metodologia que conduziu a análise e interpretação do objecto da pesquisa.

3.1. Tipo de pesquisa

De acordo com as particularidades do estudo, considerar-se a pesquisa quanto ao tipo, a abordagem, quanto ao objectivo e quanto aos procedimentos técnicos.

3.1.1. Quanto a sua natureza

Este trabalho de pesquisa quanto a sua natureza, foi trabalho científico, uma vez que gera conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, e também envolve verdades e interesses locais.

LAKATOS E MARCONI, (2007) “Este tipo de pesquisa, caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade”.

Este tipo de pesquisa, fornece conhecimento para que haja aplicação prática do mesmo com a finalidade de solucionar o problema.

3.1.2. Quanto a forma de abordagem do problema

A pesquisa do ponto de vista da forma de abordagem do problema é pesquisa quantitativa, porque considera que tudo pode ser quantificável, e predominam os métodos estatísticos, com utilização de variáveis bem definidas e de cálculos estatísticos e/ou inferenciais.

MALHOTRA (2001, p.155),” a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplicar alguma forma de análise estatística”.

3.1.3. Quanto aos objectivos

A pesquisa quanto aos objectivos é explicativa. Este tipo de pesquisa tem sempre como preocupação central identificar os factores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenómenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque, explica o porquê das coisas.

"As pesquisas explicativas nas ciências naturais valem-se quase que exclusivamente pelo método experimental". (GIL, 2007).

3.1.4. Quanto aos procedimentos técnicos

Quanto aos procedimentos técnicos é uma pesquisa bibliográfica. Para o presente trabalho o procedimento usado foi bibliográfico, pelo facto de ter se recorrido a estudos, documentos e literaturas que fazem abordagem sobre temas relacionados.

SEVERINO, (2007, p.123), sobre a pesquisa bibliográfica explica que:

“A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registo disponível, decorrente de pesquisa anterior, em documentos impressos, como livros, artigos, teses, etc. Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir das contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos”.

CERVO; BERVIAN *apud* ISENSEE (2015:10), enfatiza a ideia de que:

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Em ambos os casos, busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema”.

3.2. Base Metodológica

A metodologia é o "conjunto de regras ou princípios no ensino de uma ciência ou arte". (GIL 2007).

Por isso, a metodologia de pesquisa responde um conjunto detalhado e sequenciado de métodos e técnicas científicas executados ao longo da pesquisa, de tal modo que se consiga atingir os objectivos inicialmente propostos.

O método utilizado nesta pesquisa foi o Método Hipotético-dedutivo. "...este método parte de um problema, ao que se oferece uma espécie de solução provisória, uma teoria tentativa, passando depois a criticar a solução, com vista a eliminação do erro...". (LAKATOS e MARCONI, 2003, p.95).

Sendo um estudo que o autor pensa poder ser uma solução a ser implementada em um local identificado, recorrerá também a técnica de observação, segundo (LAKATOS e MARCONI, 2003:95) entende que a "observação é uma técnica de colecta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar factos ou fenómenos que se deseja estudar".

3.3. Técnica

Para o estudo utilizou-se essencialmente a pesquisa qualitativa, em que há de informações relacionadas com o tema e posteriormente os resultados do estudo são discutidos por meio da análise e interpretação.

3.4. Universo e amostra

"O universo é o conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum". (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Assim, o universo da pesquisa foram as obras de construção civil que aplicam alvenaria estrutural.

A amostra da pesquisa foi constituída pelos métodos construtivos de alvenaria estrutural e alvenaria em ICF.

CAPÍTULO IV: ESTUDO COMPARATIVO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA DE MOLDES ISOLANTES DE BETÃO (ICF)

4.1. Dados da edificação em Estudo

Para a realização do estudo comparativo em relação ao orçamento e a técnica construtiva, optou-se por escolher uma edificação unifamiliar térrea.

A edificação é do tipo 2, na qual na tabela a seguir pode-se encontrar a disposição dos cômodos e sua área útil.

Tabela 3: Cômodos da edificação.

Cómodo	Área Útil (m ²)
Sala Comum	23,35
Cozinha	12
Quarto 1 e Quarto 2	9
Casa de Banho	4,16
Área de Circulação	3,64

Fonte: (AUTOR, Março, 2022).

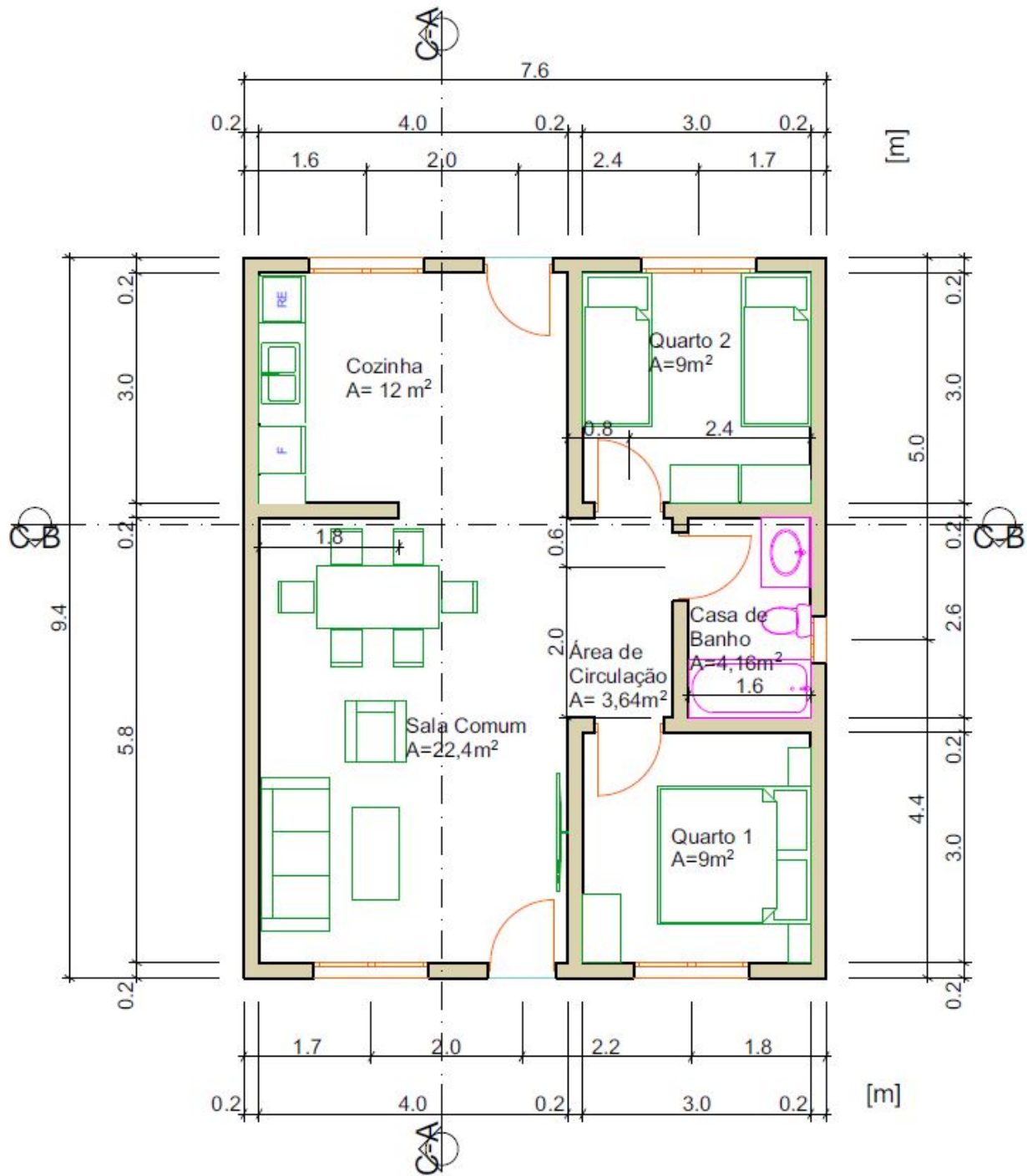
Por motivos construtivos dos sistemas, optou-se apenas por determinar as áreas úteis dos cômodos e não da área contruída, no que mais em frente será discutido.

No início do estudo, existem alguns aspectos pontuais que devem ser tomados em consideração para a realização plena do estudo, que são:

- A cobertura será de laje maciça com espessura de 12 centímetros e 2 centímetros de revestimento superior, para ambos os sistemas, no que somente será considerado para melhores dimensionamentos dos sistemas;
- A fundação será desprezada;

Com o auxílio do programa *archicad 19*, na figura 36 pode-se observar a planta baixa.

Figura 36: Planta baixa.



Fonte: (AUTOR, Março, 2022).

4.2. Dimensionamento

4.2.1. Dimensionamento da alvenaria estrutural de blocos de cimento

Para o dimensionamento deste sistema, foi usado o software *cypecad 2015* que é usado para dimensionamento de estruturas de betão armado e metálicas. Para a realização do cálculo foi considerado o seguinte:

- Betão da classe B25 e aço da classe A400;
- Argamassa de resistência M6 e bloco de resistência R10; e
- Dimensão máxima do agregado = 5mm.

Conforme no anexo C são apresentados os resultados do dimensionamento feito pelo *cypecad 2015*.

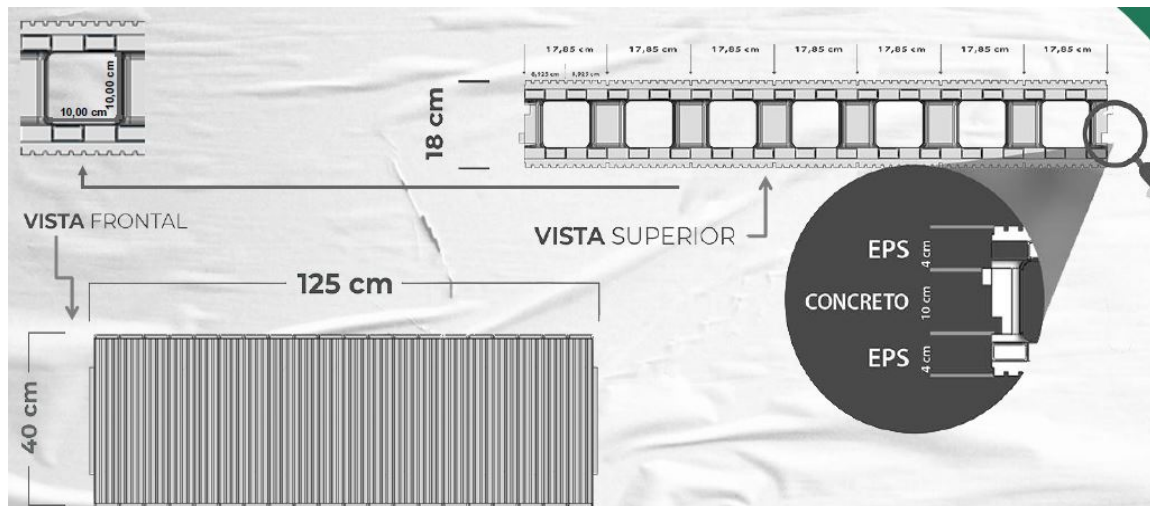
4.2.2. Dimensionamento de sistema ICF

Para o dimensionamento do sistema ICF, cada empresa de construção civil utiliza o método que lhe for conveniente e que supra suas necessidades.

Por tanto, para o estudo do sistema ICF, escolheu-se usar o *iForms 18*, é produto da empresa brasileira ICF Construtora Inteligente.

Este sistema, pelos dados, ainda não foi implementado em Moçambique, no que houve a necessidade de usar uma empresa estrangeira para permitir a realização do estudo. Conforme na figura 37, pode-se ver em detalhes as dimensões do *iForms 18*.

Figura 37: Dimensões do *iForm 18*.



Fonte: (ROCHA, 2021).

Com base na figura acima ilustrada, pode se observar que o tipo de bloco que a ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE usa é o “*Post & Beam*” ou “*Screen grid*” que corresponde a 1ª geração, o pode se considerar que é constituído de colunas verticais e horizontais de pequenas dimensões.

Neste momento, a ICF construtora inteligente apenas possui formas rectas, porém estão em estudo para uso de formas do tipo L, para pode fazer os cantos.

Considerou-se alguns parâmetros: Betão da classe B25 e aço da classe A400.

A ICF construtora inteligente possui software pagos para a realização do dimensionamento, no que apenas foi adiantado que o software tem como método de dimensionamento o **método dos elementos finitos**. Entretanto, a empresa disponibiliza no seu website uma calculadora na qual pode mostrar um panorama do que pode ser a quantidade de material a ser usado, tanto quanto o número de blocos em ICF, tanto quanto o volume de betão a ser usado na construção.

De acordo com o site <https://icfconstrutora.com.br/calculadora/> da ICF construtora inteligente pode-se observar que para a construção deste projecto precisa-se usar aço de 8 mm de diâmetro para as barras verticais e horizontais, em que cada unidade de blocos de EPS com um total de sete (7) vazios dentre os quais apenas quatro (4) espaços introduz-se armaduras verticais e a armadura horizontal será colocada em cima. Para obtenção de diâmetro do varão vertical e

horizontal, foi introduzido os dados referente ao comprimento das paredes (m), altura da parede (m) e abertura de janelas e portas (m).

4.3. Composição de Custos

Para a realização da composição dos custos para construção da alvenaria estrutural de blocos de betão e alvenaria em ICF, foi considerado que a empresa já possui equipamento e ferramentas de trabalho, como por exemplo: colher de pedreiro, carrinha de mão, prumo, entre outros. Também não foi levado em conta a aplicação de revestimentos, laje de cobertura, janelas e portas.

4.3.1. Alvenaria Estrutural de Blocos de Cimento

De acordo com o site <http://www.mocambique.geradordeprecos.info/>, é possível ter-se uma estimativa do preço de 1m² de alvenaria, incluindo a mão-de-obra de uma equipa de um (1) pedreiro oficial de construção, um (1) ajudante de construção e um (1) operário não qualificado de construção, preço médio do bloco (tendo em conta os blocos normais de 20, os meio bloco, tipo U, tipo J, para cruzamento em T e X) e preço médio da argamassa de assentamento.

Com base nos dados mencionados no tópico 4.2.1, o site fornece o preço de 726,48mt/m² de alvenaria estrutural de blocos de betão.

A tabela a seguir, apresenta o orçamento para a construção da alvenaria com blocos estruturais de betão. Para a quantidade de armadura foi considerado as armaduras para vergas das portas e janelas, e armaduras para coroamento geral.

Tabela 4: Orçamento da alvenaria estrutural.

	Descrição	Und.	Qtd.	Preço unitário (MZN)	Preço subtotal (MZN)
1	Mão-de-obra (equipa de 3); Preço de bloco estrutural de betão; e Preço de argamassa de assentamento.	m ²	151,2	726,48.00	109.843,776
2	Varão de aço A400 nervurado de ø 6 mm, +/- 1,29 kg, 5,8 m	Un.	85	195.00	14.025,00

3	Varão de aço A400 nervurado de ø 8 mm, +/- 2,35 kg, 5,8 m	Un.	15	240,00	3.600,00
4	Varão de aço A400 nervurado de ø 10 mm, +/- 3,56 kg, 5,8 m	Un.	42	385,00	16.170,00
5	Betão de classe B25.	m ³	3,16	19.561,80	61.815,29
				TOTAL	205.454,056


Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

4.3.2. Alvenaria de sistema *Insulating Concrete Forms (ICF)*

Por se ter escolhido os blocos de EPS da ICF construtora inteligente, foi fornecido uma cotação da mesma empresa, referente ao preço da unidade do *iForms 18*. Por estar na moeda estrangeira (moeda brasileira com denominação de REAL), fez-se o câmbio tendo em conta a média dos primeiros 4 meses de 2022. onforme na figura 53, ilustra a cotação fornecida pela ICF construtora inteligente.

Figura 38: Cotação da ICF construtora inteligente.

IFORMS ICF FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS DE ISOPOR LTDA
 Av. Jornalista Arquimedes Pereira Lima, 5N – Quadra 02
 Lote 02 – Lote 38 – Lote 39
 Cachoeira das Garças – Cuiabá MT / CEP 78.077-200
 CNPJ 33.381.480/0001-37 – INSCRIÇÃO ESTADUAL 137643683



ITENS DE PRODUTOS OU SERVIÇOS

DESCRIÇÃO	MODELO	QUANTIDADE E M²	VALOR M² (R\$)	SUB TOTAL M² (R\$)	DESCONTO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
IFORMS ICF 18	ESTRUTURAL	0,50	R\$135,00	R\$67,50	R\$5,00	R\$62,50
IFORMS ICF 12	VEDAÇÃO	0,00	R\$122,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
TOTAIS		0,50	xxx	R\$67,50	R\$5,00	R\$62,50

QUANTITATIVO DE INSUMOS (Preenchimento das formas, chapisco e reboco)

TABELA COM O QUANTITATIVO GLOBAL DE INSUMOS			
PRODUTO	QNTD.	PREÇO UNT.	VALOR TOTAL
FORMAS IForms ESTRUTURAL 18cm (m²) FOB	0,50	125,00	62,50
FORMAS IForms VEDAÇÃO 12cm (m²) FOB	0,00	112,00	0,00
ADITIVO BALDE 25L	1,00		
CIMENTO PARA CONCRETO (sacos)	1,00		
AREIA PARA CONCRETO (m³)	1,00		
CIMENTO PARA CHAPISCO E REBOCO (sacos)	1,00		
AREIA PARA CHAPISCO E REBOCO (m³)	1,00		
PEDRISCO PARA O CONCRETO (m³)	1,00		
AÇO CA-50 (Kg)*	1,02		

*bitola do aço varia de acordo com o cálculo do projeto estrutural

CÁLCULO DE IPI

Origem	Valor da proposta	IPI	Total com IPI
MT	R\$62,50	R\$2,34	R\$64,84

OBS.: Recentemente o IFORMS mudou seu enquadramento fiscal, saiu do Regime SIMPLES NACIONAL e passou para LUCRO PRESUMIDO. Por conta dessa mudança na metodologia fiscal da IFORMS haverá modificação na incidência de IPI quando da venda de produto. Acima exemplificamos como será a cobrança dos tributos.

Fonte: (KAPPES, Abril, 2022).

De acordo com o site https://www.bancomoc.mz/fm_MercadosMMI.aspx?id=10, a taxa cambial média a ser usada para poder-se ter o valor do preço dos blocos *iForms 18* foi de 1 REAL = 11 MZN, então o preço de unidade *iForms 18* é de 62,50 REAIS que com a taxa cambial dá 687,5 MZN/un.

Segundo o site <http://www.mocambique.geradordeprecos.info/>, fornece os preços de mão-de-obra para um (1) pedreiro oficial de construção, um (1) ajudante de construção e um (1) operário não qualificado de construção que é 67,66 MZN, 22,22MZN e 2,01 MZN contabilizado para um produtividade de 0,765; 0,382 e 0,036 respectivamente, para alvenaria estrutural. Entretanto de acordo com ROCHA, (2021), explica que o uso de mão-de-obra é 2 vezes menor que o número de mão-de-obra usado para outros sistemas, ou seja, na alvenaria estrutural foi usado 3 trabalhadores então no sistema ICF será usado 1,5 trabalhadores que equivale a 2 e o preço em relação a mão-de-obra tem menor valor unitário.

Contudo, têm-se uma equipa de um (1) pedreiro oficial de construção e um (1) ajudante de construção que terá o preço de 35,38 MZN e 11,11 MZN contabilizado para um rendimento de 0,4 para cada trabalhador.

Tabela 5: Orçamento do sistema ICF.

	Descrição	Und.	Qtd.	Preço unitário (MZN)	Preço subtotal (MZN)
1	Mão-de-obra (equipa de 3);	m ²	151,2	46,49	7.029,29
2	Bloco de ICF, <i>iForms 18</i>	Un.	334	687,5	229.625,00
3	Varão de aço A400 nervurado de ø 8 mm, +/- 2,35 kg, 5,8m	Un.	185	240,00	44.400,00
4	Betão de classe B25.	m ³	13,5	11.160,63	150.668,505
				TOTAL	431.722,8

Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

4.4. Análise técnica

Para a realização da avaliação técnica, apenas será levado em consideração o rendimento dos blocos estruturais e blocos de EPS e produtividade da mão-de-obra.

Em relação a técnica construtiva, os dois sistemas apresentam praticamente a mesma técnica de construção, apenas com ligeiras diferenças nos equipamentos e ferramentas a serem usadas.

4.4.1. Alvenaria estrutural de blocos de cimento

De modo geral, para a construção de 1 m² de alvenaria estrutural de blocos da família de 19 de betão são necessários 13 blocos e que com a produtividade fornecida no tópico 4.3.1. é estimada em 0,41 Hh/m² para uma equipa de 3 trabalhadores.

4.4.2. Alvenaria de *insulating concrete form* (ICF)

De modo geral, para a construção de 1 m² de alvenaria de sistema ICF com uso de formas *iForms 18* são necessários 2 blocos de ICF e que com a produtividade fornecida no tópico 4.3.1. de 0,2 Hh/m² para uma equipa de 2 trabalhadores.

4.5. Análise dos resultados

De modo geral, o sistema construtivo de alvenaria estrutural de blocos de betão é sobretudo composto por blocos estruturais em que alguns são armados e em alguns casos mediante aos esforços exercidos são contemplados vigas e pilares, sendo que a qualidade desse sistema depende essencialmente da matéria-prima e a mão-de-obra utilizada. Em contrapartida, o sistema de construção de alvenaria em ICF é utilizado blocos de EPS, torna as paredes autoportantes que são preenchidas com betão armado no local da obra, pode-se ter paredes estruturais e de vedação, e não necessita exclusivamente de muita mão-de-obra especializada, pois o sistema é padronizado pelo fabricante.

A realização do estudo comparativo foi feita tendo em conta somente a construção das paredes. Não foi considerado o custo para execução serviços que antecedem a construção da alvenaria, execução da cobertura, aplicação do revestimento e serviços complementares como às instalações hidráulicas e sanitárias, eléctricas e execução de esquadrias por se entender que a execução de alvenaria é uma actividade orçada individualmente. Sabe-se que no sistema ICF, o custo de execução de cabouco é menoríssimo se comparado ao sistema de alvenaria estrutural para

as obras em que não se embutiu às instalações, porém o sistema ICF gera entulhos recicláveis que posteriormente pode ser vendido ao fabricante. Não foi analisado custos relacionados com a limpeza geral da obra, no que proporcionariam ao sistema ICF mais economia da construção de obra, pois são actividades que deve-se considerar na execução da obra no gera, ou seja, desde a limpeza do terreno até a conclusão da obra.

Na análise técnica feita aos dois sistemas, pode-se notar que a quantidade de mão-de-obra para a alvenaria estrutural é maior que o sistema ICF, que a princípio segue um padrão em que para dois trabalhadores para a alvenaria estrutural têm-se um trabalhador para o sistema ICF.

Observou-se também que para a execução de 1 m² de alvenaria estrutural são necessários treze (13) unidades de blocos estruturais enquanto para a execução de 1 m² do sistema ICF são necessárias duas (2) unidades de blocos de EPS. E, em relação ao custo de mão-de-obra, a estrutural é mais elevada pois apresenta quase o dobro do valor de mão-de-obra.

Em função da produtividade das equipas, para a alvenaria estrutural é estimado que a equipa de três trabalhadores executa 1 m² em 24,6 minutos faz com que para a execução da obra em estudo gastem 3.719,52 minutos que equivalem á 61,992 horas que em função de 8 horas de trabalho por dia, será necessário 7,75 dias que pode-se arredondar para 8 dias contabilizando a betonagem, e para o sistema ICF é estimado que a equipa de dois trabalhadores executa 1 m² em 12 minutos faz com que para a execução da obra em estudo gastem 1.814,4 minutos que equivalem á 30,24 horas que em função de 8 horas de trabalho por dia, será necessário 3,78 dias que pode-se arredondar para 4 dias contabilizando a betonagem. É evidente que o sistema ICF é mais rápido em relação a execução, que também proporciona economia na obra.

Após a criação de orçamentos para a execução da alvenaria, têm-se que a alvenaria estrutural apresenta menor custo de execução comparado á execução com uso do sistema ICF. Os resultados são demonstrados na tabela 6.

Tabela 6: Orçamento de alvenaria.

	Alvenaria estrutural de blocos de betão	Alvenaria de sistema ICF
Custo por m²	1.358,8	2.855,31

Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

Para o projecto em estudo, para a execução da alvenaria com sistema ICF apresenta um custo total de 431.722,8 MZN, enquanto para a execução da alvenaria estrutural apresenta um custo de 205.454,056 MZN.

A maior dificuldade observada na escolha do sistema construtivo ICF em uma construção reside na falta de uma produtora de blocos de EPS e matéria-prima essencial do sistema no país.

Um dos factores que torna o ICF mais dispendioso é por ter-se baseado com valores de outro país, e que se tivesse uma fábrica em Moçambique, o custo poderia ser menor.

Em suma, o sistema ICF apresenta maior custo de execução em relação a alvenaria estrutural, porém conforme já mencionado, diversos factores indirectos relacionados a execução da alvenaria, não foram considerados.

Além disso, o sistema ICF apresenta uma eficiência ao longo prazo proporcionado edificações resistentes a catástrofes naturais como ciclones, excelente resistência ao fogo e um excelente conforto térmico e acústico, também apresenta uma economia significativa na climatização.

4.6. Validação e refutação das hipóteses

A primeira hipótese diz que, “a alvenaria estrutural pode ser a melhor escolha adequada para a construção de alvenarias sob ponto de vista técnico e económico”, é confirmada verdadeira, uma vez que apresenta o menor custo de execução de alvenaria em relação ao sistema ICF. Embora que a tecnologia de construção seja semelhante ao sistema ICF, a sua execução, implica maior número de mão-de-obra e leva muito tempo para executar a alvenaria,

A segunda hipótese diz que: “o sistema ICF pode ser a melhor escolha adequada para a construção de alvenarias sob ponto de vista técnica”, não foi objecto de confirmação pois apresenta maior custo de execução da alvenaria, mais de duas vezes o custo de execução de alvenaria estrutural, embora apresente menor tempo de execução e uso de menor número de mão-de-obra.

CAPÍTULO V: DISPOSIÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Realizado o trabalho, conclui-se que o sistema ICF com paredes autoportantes de blocos de EPS preenchido com betão armado apresentam simultaneamente a função estrutural e de preenchimento.

Os restantes elementos da construção no sistema ICF, como cobertura, revestimentos são executados da mesma forma que o sistema convencional de edificação. Porém, por se tratar de um sistema em que os blocos de EPS são padronizados de acordo com o fabricante.

Em função dos resultados obtidos no estudo, observou-se que o custo de execução de sistema ICF é aproximadamente a 110% mais elevado em relação a alvenaria estrutural. Porém, vários factores já mencionados que não foram levados em consideração, que interferem directamente no custo geral da obra, como por exemplo trabalhos preliminares; execução de fundação; aplicação de revestimentos e outros.

Quanto a técnica de construção, os dois sistemas apresentam técnicas semelhantes, no que apenas diferem nas ferramentas e equipamentos a serem usados e a principal matéria-prima que de um lado são blocos de EPS e do outro lado são blocos vazados de betão.

A principal diferença quando pretende-se observar em função da técnica de construção reside na facilidade de execução, no que de acordo com os resultados pode-se observar que para execução do sistema ICF gasta-se pouco tempo para execução de 1 m² de alvenaria em relação a alvenaria estrutural, também em relação a mão-de-obra a alvenaria estrutural precisa do dobro de mão-de-obra em relação ao sistema ICF.

Foi possível apresentar evidências que as obras em que se utiliza o sistema ICF, apresentam benefícios construtivos, como flexibilidade na conclusão da obra, estaleiro de obra organizado, redução de entulhos, redução de retrabalho de actividades e os benefícios relacionados ao conforto térmico e acústico.

5.2. Sugestões

Olhando pela realidade do país, a alvenaria estrutural é o sistema que é mais fácil implementar devido a disponibilidade de fábricas de blocos e devido o seu fácil fabrico e que é mais simples fazer-se a integração nas obras, por isso a sugestão da sua implementação no solo pátrio.

Moçambique é um país que tem um clima tropical seco, e que maior parte dos meses do ano o país apresenta elevadas temperaturas e o sistema ICF tem a particularidade de manter o interior fresco e apresenta baixa variância de temperatura interna e externa e também no caso de uso da refrigeração é feita por pouco tempo e o ambiente mantêm-se fresco por muito tempo, sendo igualmente sugestivo para sua aplicação em Moçambique.

O sistema ICF é resiste a catástrofes naturais, como ciclones, sismos, cheias, entre outros no que o torna um excelente sistema para ser usado em regiões do país que periodicamente passam por esses fenómenos dai a sugestão para a sua implementação em regiões do sudoeste africano com clima tropical seco e húmido como

6. BIBLIOGRFIA/REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, David A. De L. E JÚNIOR, Júlio C. Da Costa. (2021). *análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e insulating concrete forms (ICF)*. Universidade Do Sul De Santa Catarina, Palhoça.
- BANCO DE MOÇAMBIQUE. Taxa de cambio diária. Disponível em: <https://www.bancomoc.mz/fm_MercadosMMI.aspx?id=10> acessado em 18/04/2022.
- BUENO, H. B.; MELO, F. P. (2020). *Análises de custo entre alvenaria estrutural e estrutura pré moldada de concreto*, Universidade Federal do Paraná -Brasil.
- CAMACHO, J. S. (2006). *Projectos de edificios em alvenaria estrutural*. Notas de aula. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Paulista.
- CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. (2009). *Alvenaria Estrutural: Tão antiga e tão actual*. San Maria. Instituto Politécnico da Universidade de Campinas, São Paulo.
- CERVO, Bervian (2015). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 4ª Edição. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- DECRETO-LEI n.º 220/2008 de 12 de Novembro que apresenta Regime jurídico da segurança contra incêndios em edificios. Norma portuguesa.
- DECRETO-LEI n.º 9/2007 de 17 de Janeiro que debruça sobre regulamento geral do ruído. Norma portuguesa.
- DECRETO-LEI n.º 96/2008 que apresenta Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. Norma portuguesa.
- DELLATORRE, Lázaro A. (2014). *Análise Comparativa de Custo Entre Edifício de Alvenaria Estrutural e de Concreto Armado Convencional*. Universidade Federal de Santa Maria – Matto Grosso – Brasil.
- EUROCÓDIGO 6 (2005). *Projecto de estruturas de alvenaria*, Norma Portuguesa.
- FILHO, José A. A. S. (2007). *Blocos de Concreto para Alvenaria em Construções Industrializadas*. Universidade de São Paulo, São Carlos.

- GERADOR DE PREÇOS DE MOÇAMBIQUE. Murete de bloco de betão. Disponível em: <<http://www.mocambique.geradordeprecos.info>>. Acessado em 10/03/2022.
- GIL, António Carlos. (2007), *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo, 5ª Edição. São Paulo: Atlas.
- GONÇALVES, Carlos Jorge Pereira. (2013). *Construção Modular – Análise Comparativa de Diversas Soluções*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro.
- ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE. Conheça o Sistema Construtivo ICF. Disponível em: <<http://icfconstrutora.com.br>>. Acessado em 15/04/2022.
- JESUS, A. T. C.; BARRETO, M. F. F. M. (2018). *Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (ICF)*. Engineering and Science, v. 3.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. (2001). *Fundamentos metodologia científica*. 4ª ed. São Paulo: Atlas.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. (2007). *Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis*. 5ª ed. São Paulo: Atlas.
- LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Maria de Andrade. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica*, 5ª Edição, Editora Atlas, São Paulo.
- LOURENÇO, Paulo B. (1999). *Dimensionamento de Alvenarias Estruturais*. Universidade do Minho, Guimarães.
- MALHOTRA, E. Muszkat. (2001). *Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 3ed, Florianópolis.
- MANZIONE, L. (2004). *Projecto e execução de alvenaria estrutural*. São Paulo: O Nome da Rosa Editora.
- MARTINS, Roselene. (2017). *Obra seca e rápida: conheça sistemas construtivos muito eficientes*.
- MENDES, Pedro Filipe Sousa. (2012). *Isolamentos térmicos em edifícios e seu contributo para eficiência energética: recomendações de projecto*. Universidade Fernando Pessoa, Porto.

- NONATO, Luiz Fernando Costa. (2013). *Alvenaria estrutural e suas implicações*. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PADILHA, Eduardo F. F. (2018). *Análise Comparativa De Custos De Sistemas Construtivos De Alvenaria Estrutural E Parede De Concreto*. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Goiás – Ifg, aparecida de Goiânia.
- PAZINI, E. Z.; RODRIGUES, P. C. (2014). *Sistemas e componentes construtivos da alvenaria estrutural*. XIX Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão.
- PEREIRA, M. F. P. (2011). *Anomalias em Paredes de Alvenaria sem Função Estrutural*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.
- ROCHA, João Felipe Da. (2021). *ICF Construtora Inteligente: Manual Técnico iForms*. Mato Grosso, Cuiabá.
- RODRIGUES, J. C. (2018). *Alvenaria estrutural e sistema construtivo*. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) do Curso de Engenharia Civil da FAEX Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema.
- SABBATINI, F. H. (2003). *Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa económica Federal*. Caixa económica Federal, Directoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano.
- SANTAELLA, Lúcia. (2001). *Comunicação e pesquisa: projecto para mestrado e doutoramento*. 1ª ed. São Paulo: Hacker Editores.
- SANTOS, Igor A. P. (2021). *Alvenaria Estrutural E Uma Análise Comparativa Entre Blocos Cerâmicos E De Concreto*. Universidade Federal De Campina Grande, Pomba-PB.
- SEVERINO, A. J. (2007). *Metodologia do trabalho científico*, 20ª Edição, Cortez, São Paulo.
- SIAS, D. B. (2006). *Condutores e Isolantes*. Colectânea de Objectos Educacionais – Projecto Cesta/CINTED/UFRGS.

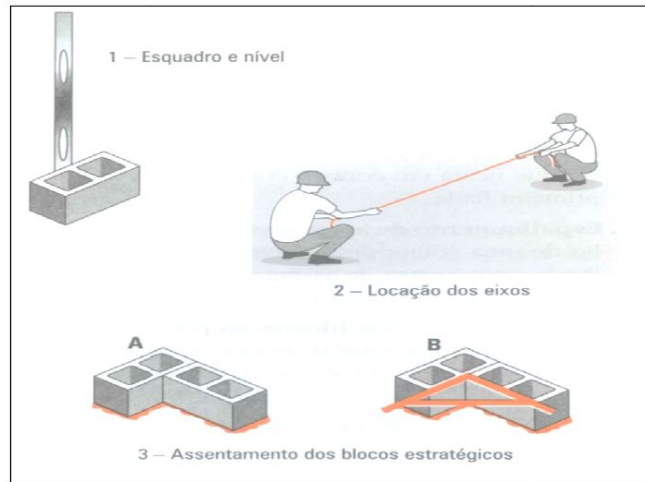
SILVA, AS. (2009) *A Evolução dos Edifícios em Alvenaria Autoportante*. 14f. Seminário, Departamento de Estruturas e Fundação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TANGO, C. E. S. (1994). *Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais*. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES. Florianópolis.

7. ANEXOS

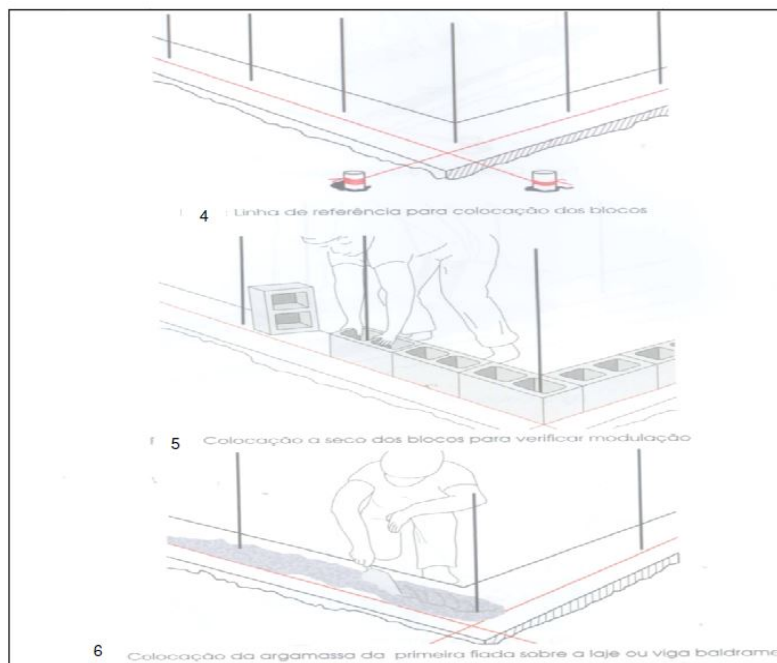
ANEXO A: Técnicas de construção de alvenaria estrutural.

1: Passos 1, 2 e 3.



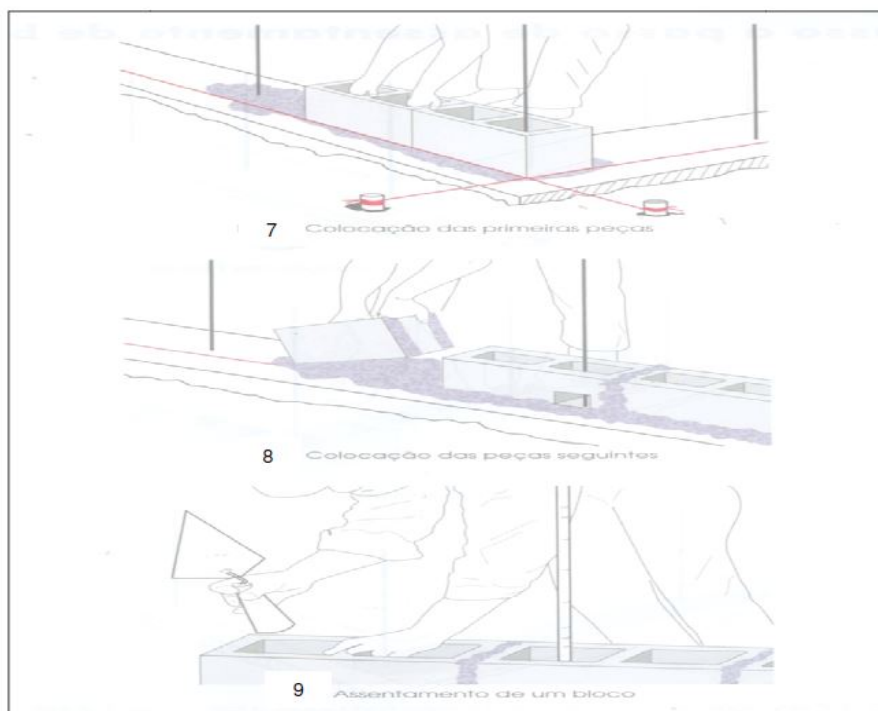
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

2: Passos 4 5 e 6.



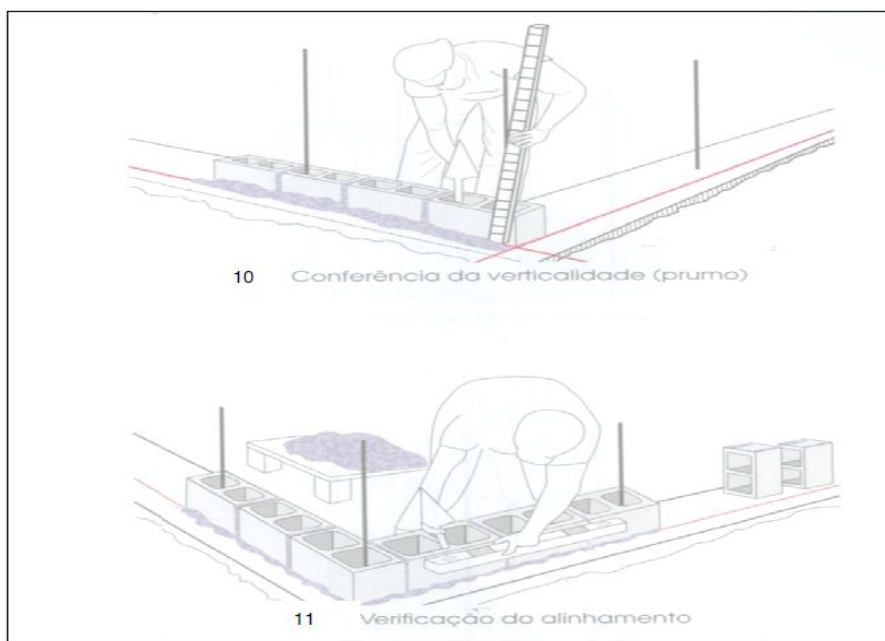
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

3: Passos 7, 8 e 9.



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

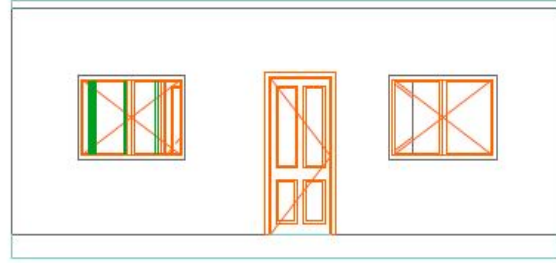
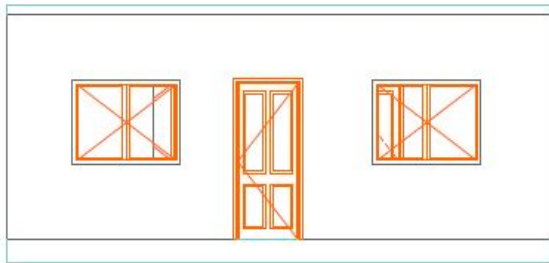
4: Passos 10 e 11.



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

ANEXO B: Proyecto arquitectónico.

1: Alçados



E-Frontal

E-Frontal

1:100

E-Posterior

E-Posterior

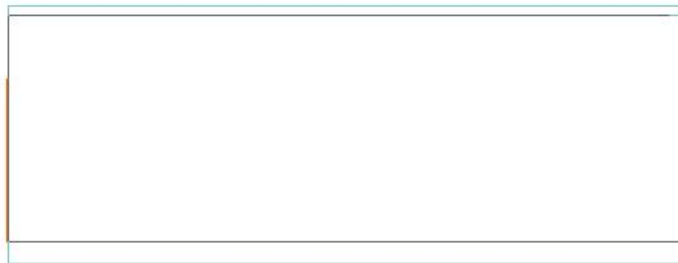
1:100



E-L Direito

E-Lateral Direito

1:100

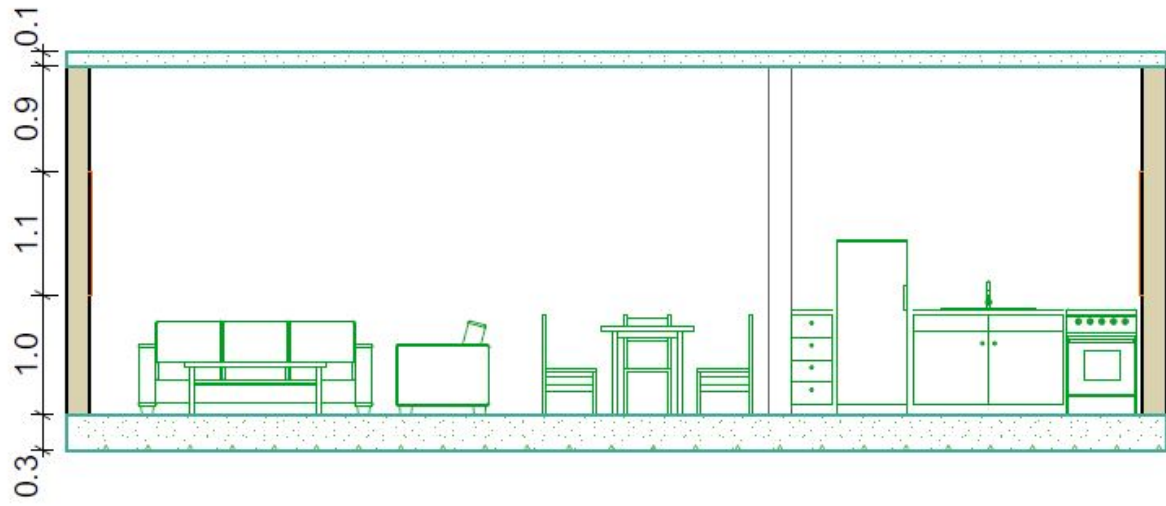


E-L Esquerdo E-Lateral Esquerdo

1:100

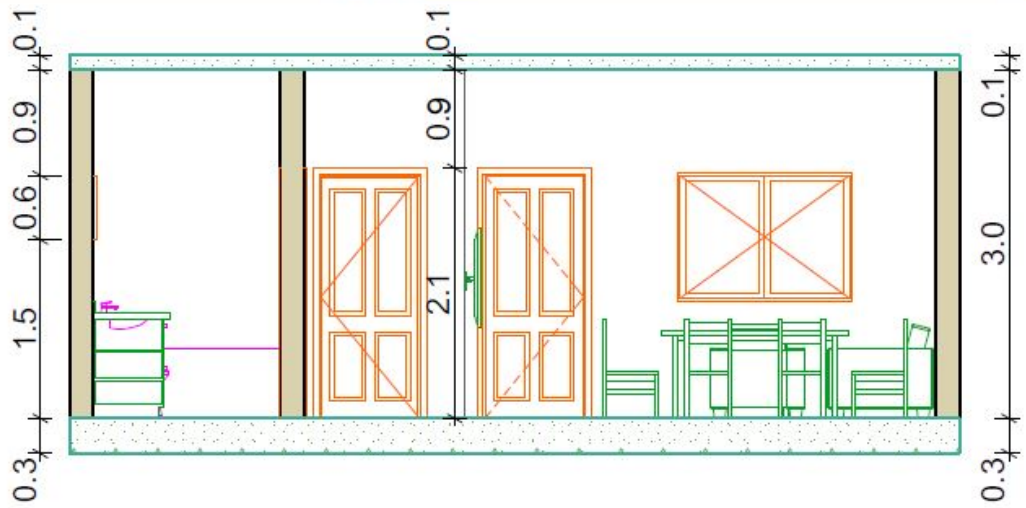
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

2: Cortes



Corte A

1:75



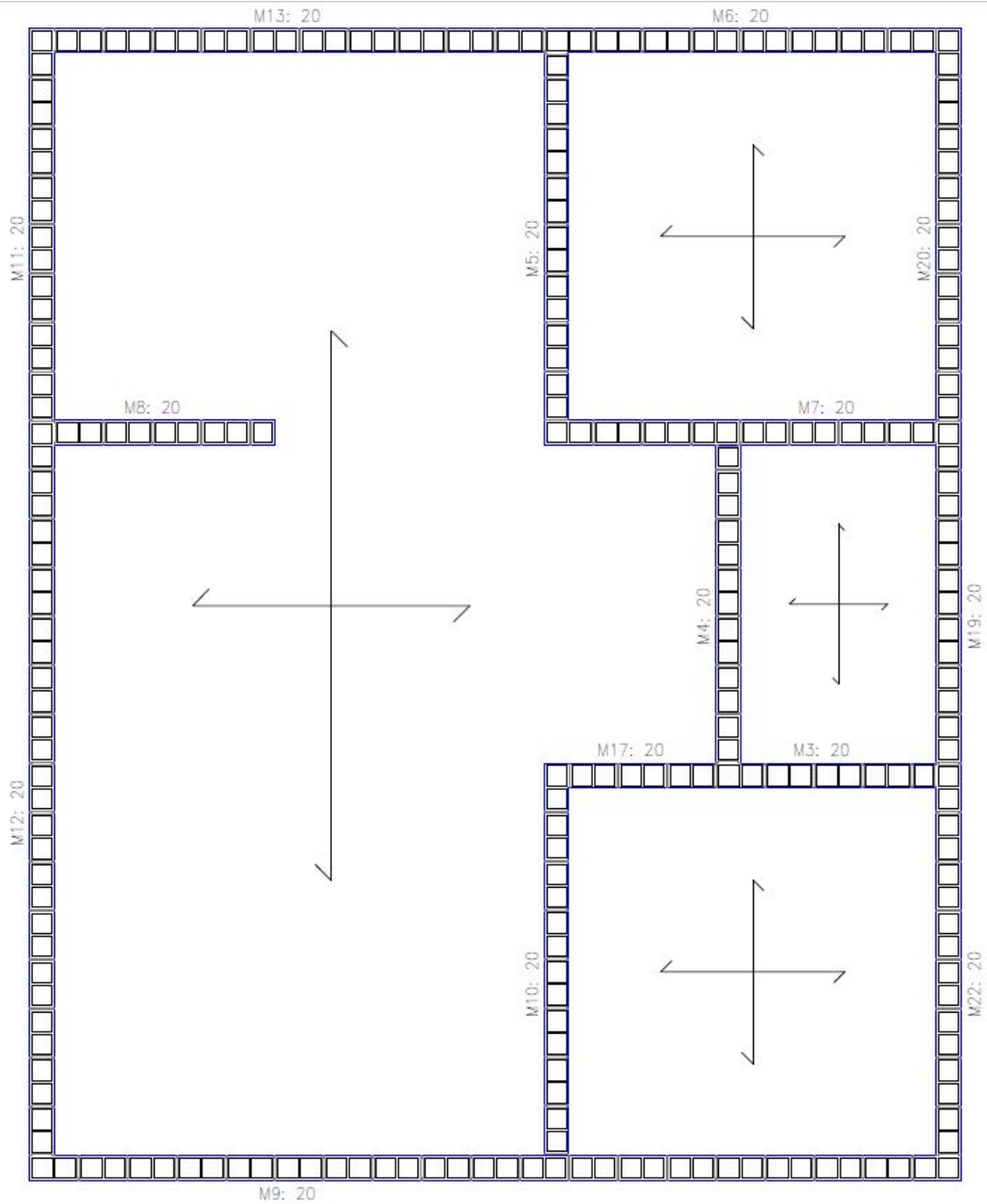
Corte B

1:75

Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

ANEXO C: Resultados do *cypecad*.

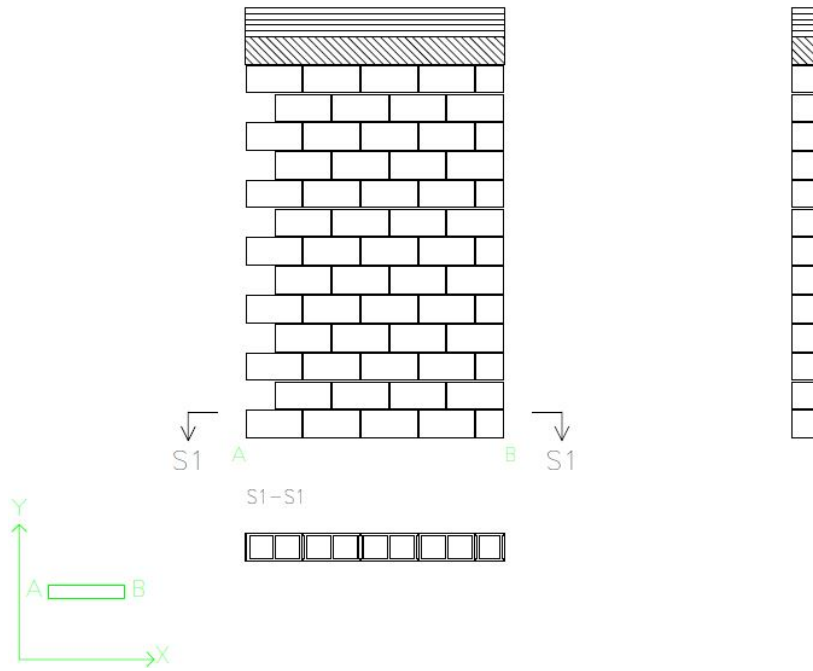
1: Planta de nomenclatura das paredes.



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

2: Detalhe estrutural do muro 3.

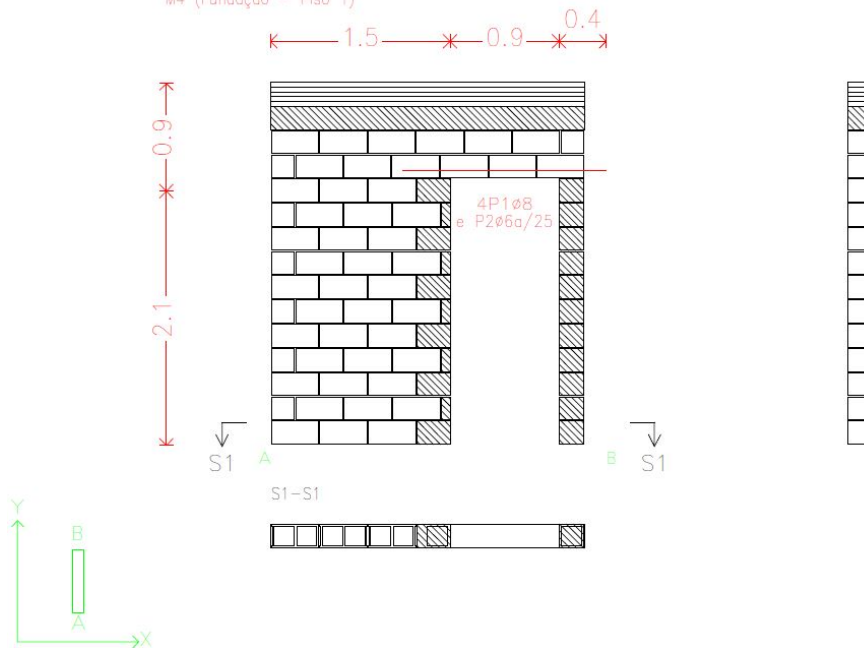
M3 (Fundação - Piso 1)



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

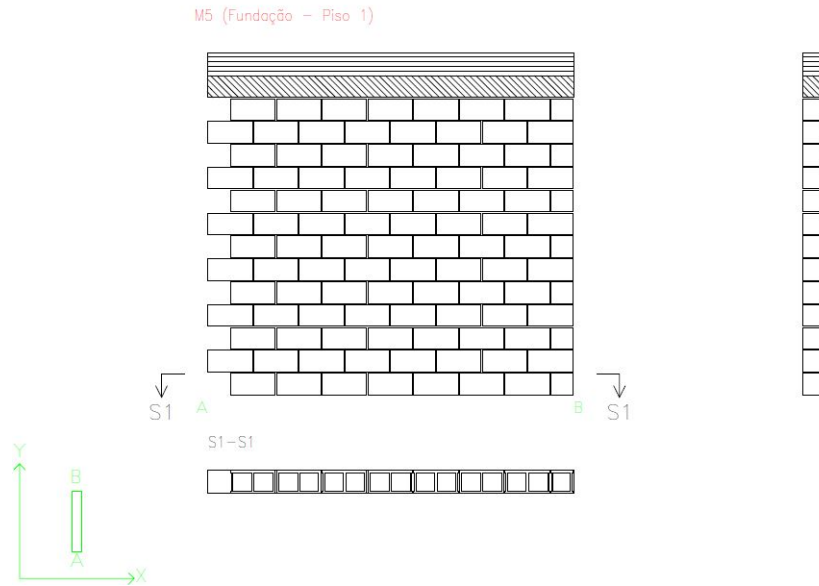
3: Detalhe estrutural do muro 4

M4 (Fundação - Piso 1)



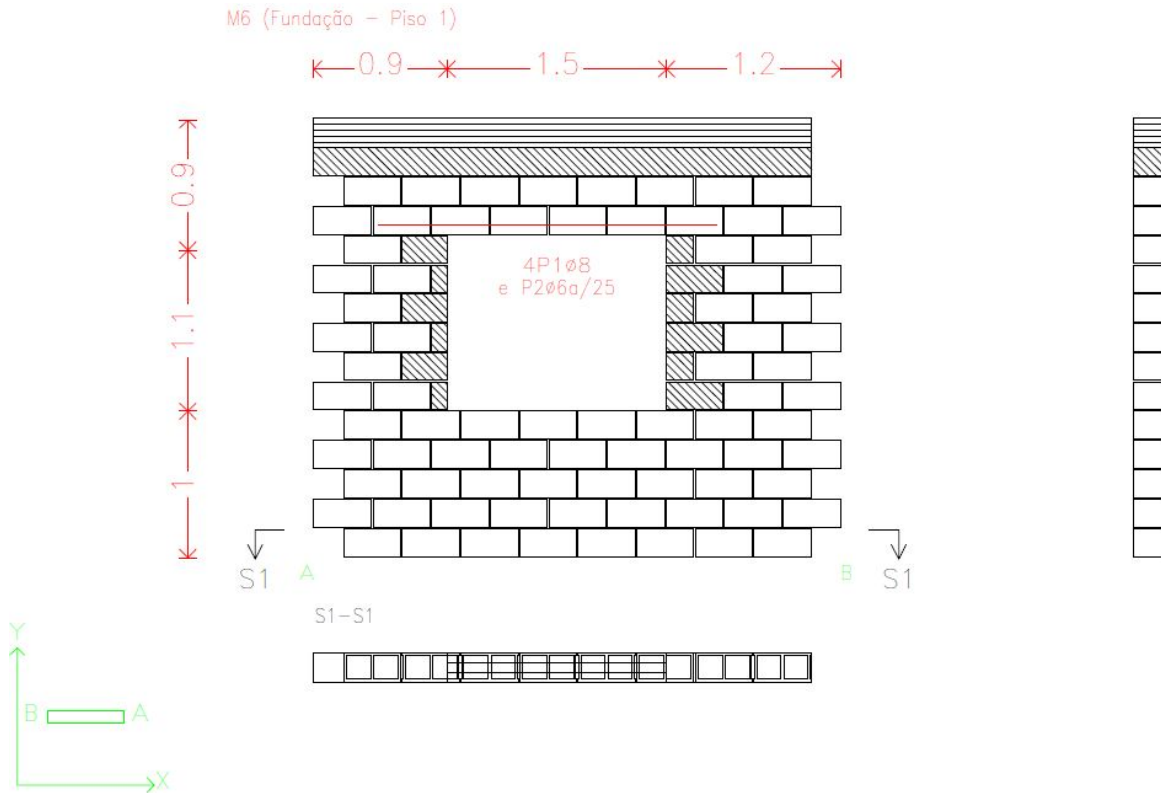
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

4: Detalhe estrutural do muro 5.



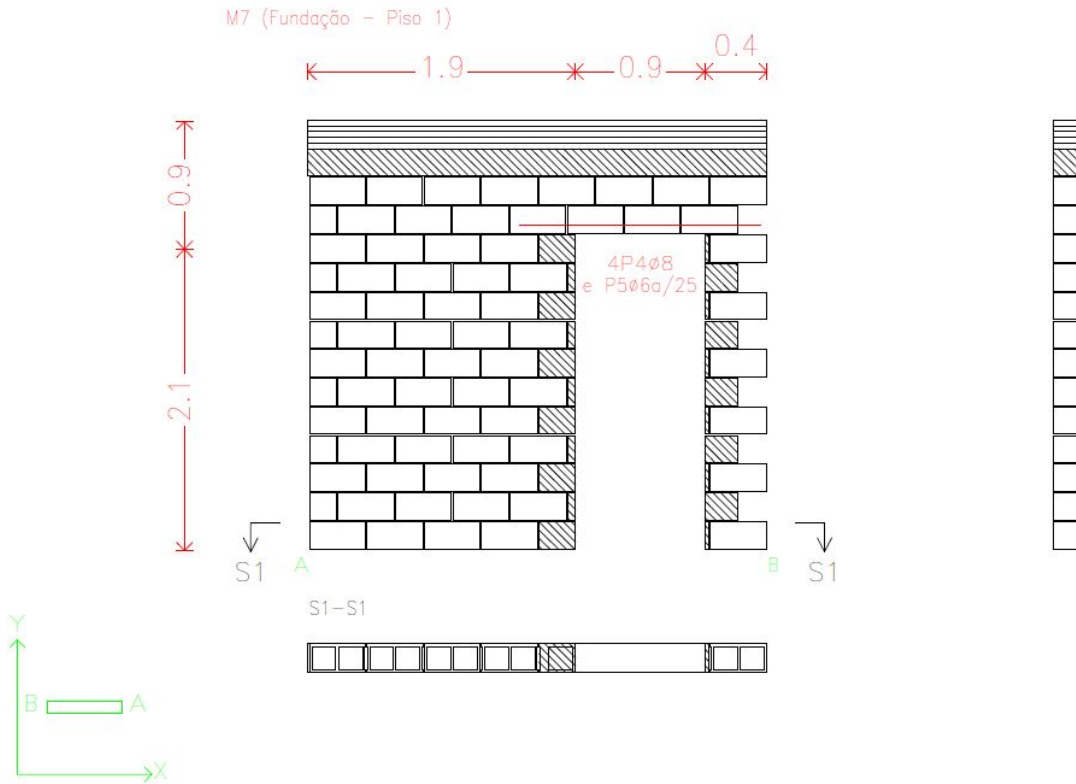
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

5: Detalhe estrutural do muro 6.



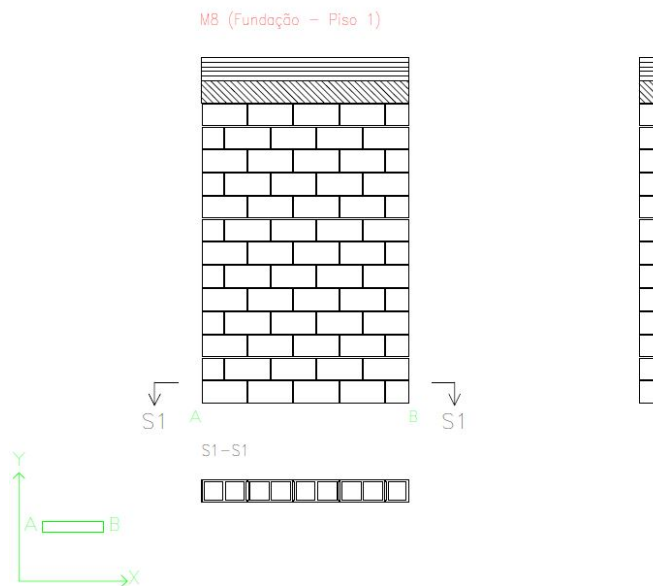
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

6: Detalhe estrutural do muro 7.



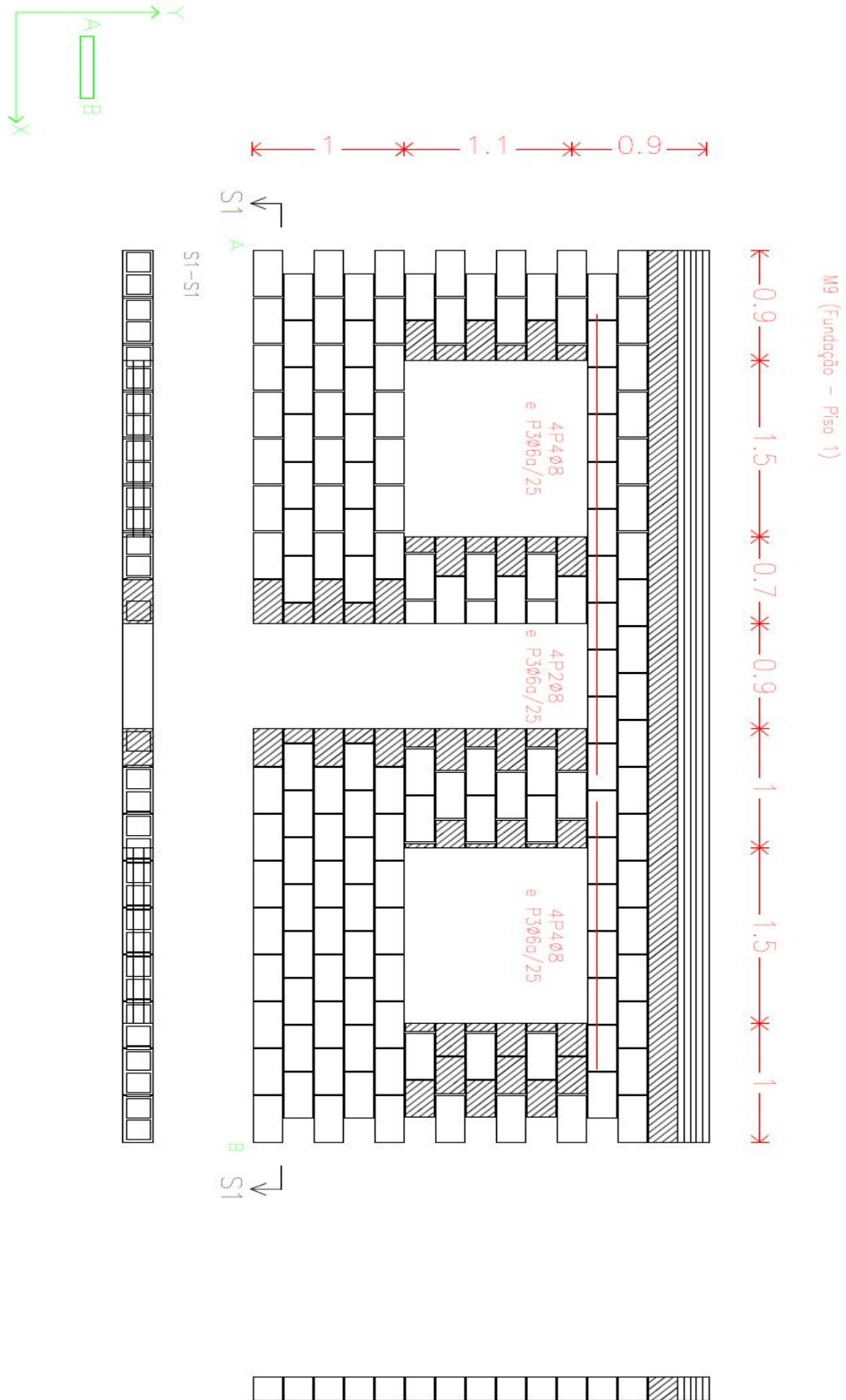
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

7: Detalhe estrutural de muro 8.



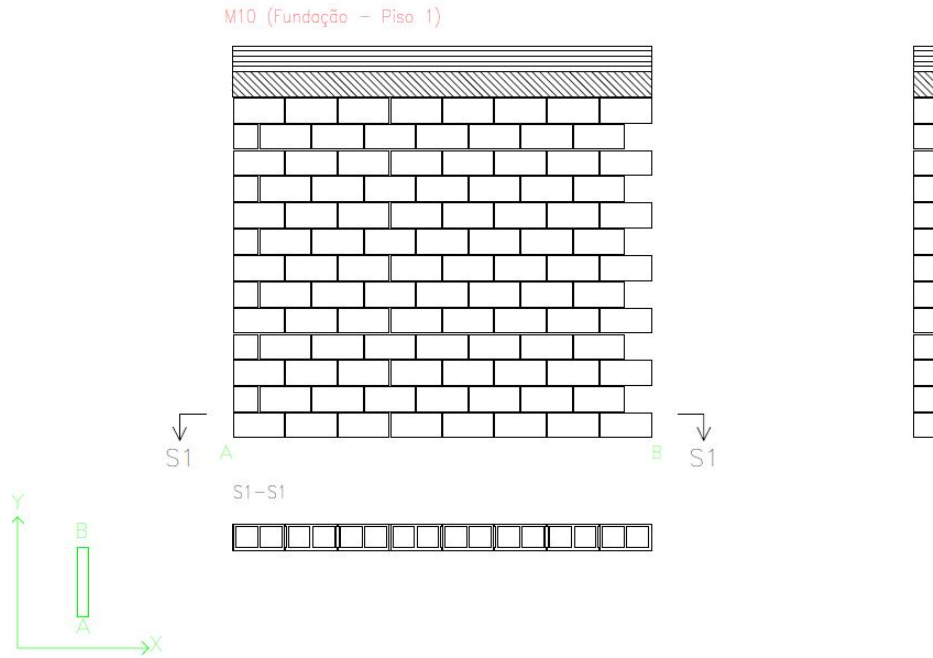
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

8: Detalhe estrutural de murro 9.



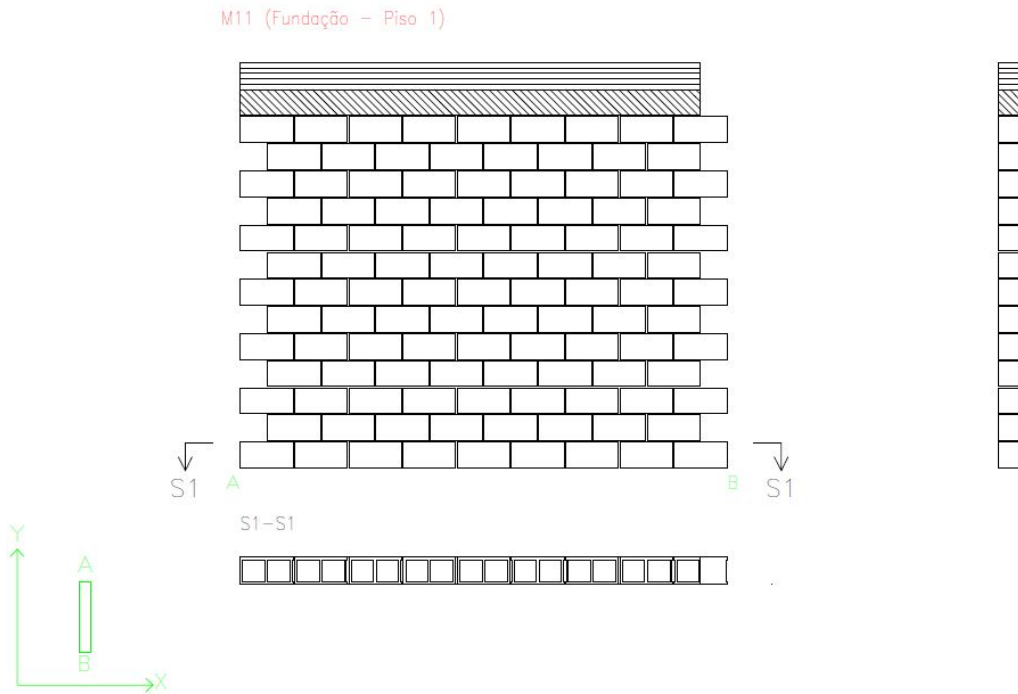
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

9: Detalhe estrutural de murro 10.



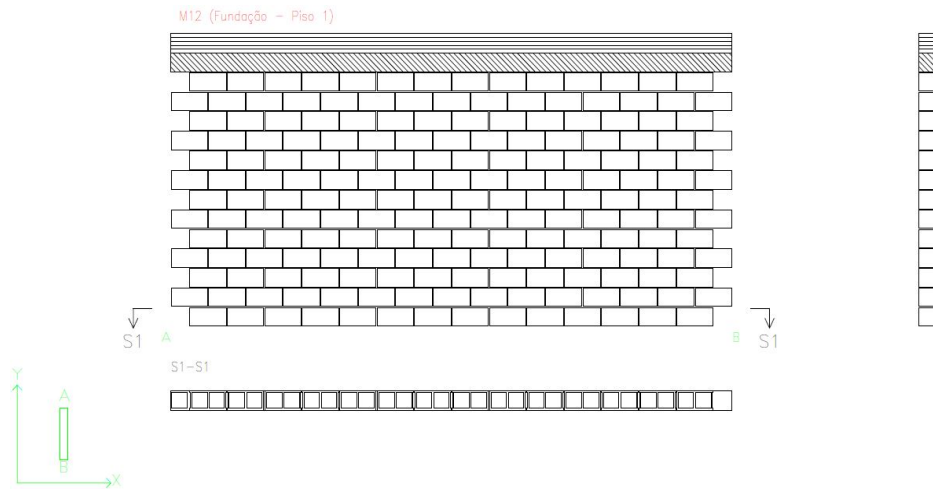
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

10: Detalhe estrutural do murro 11.



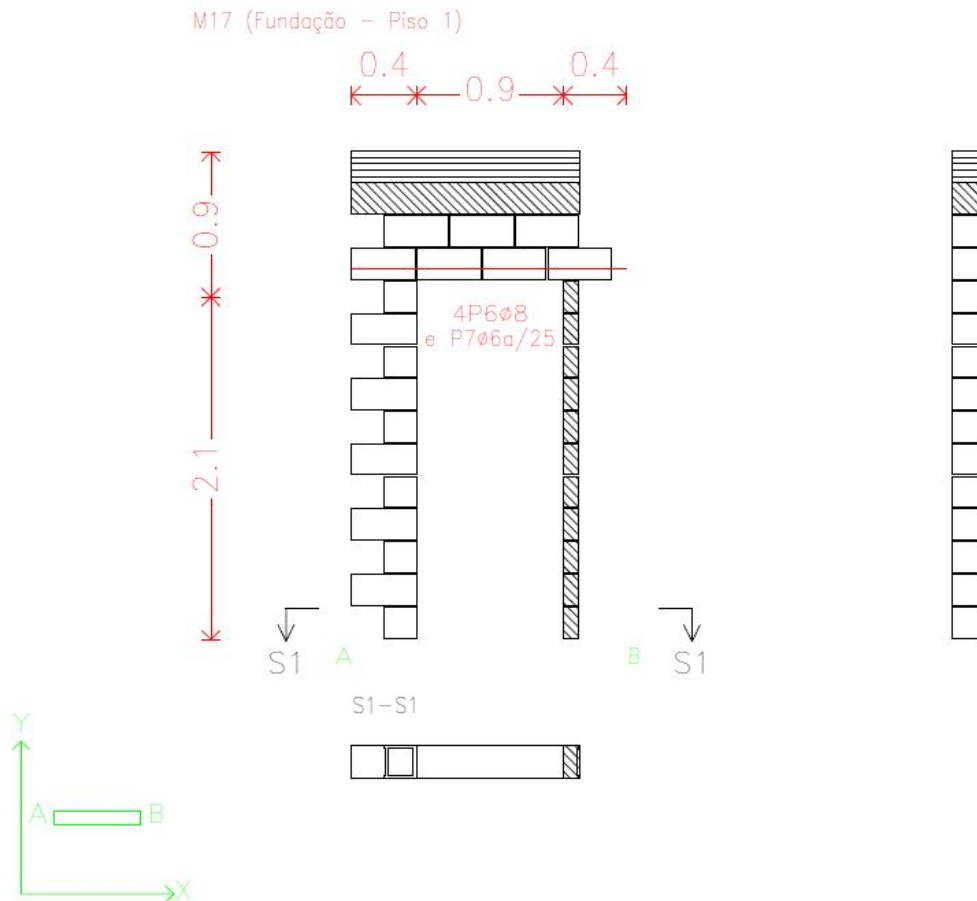
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

11: Detalhe estrutural do muro 12.



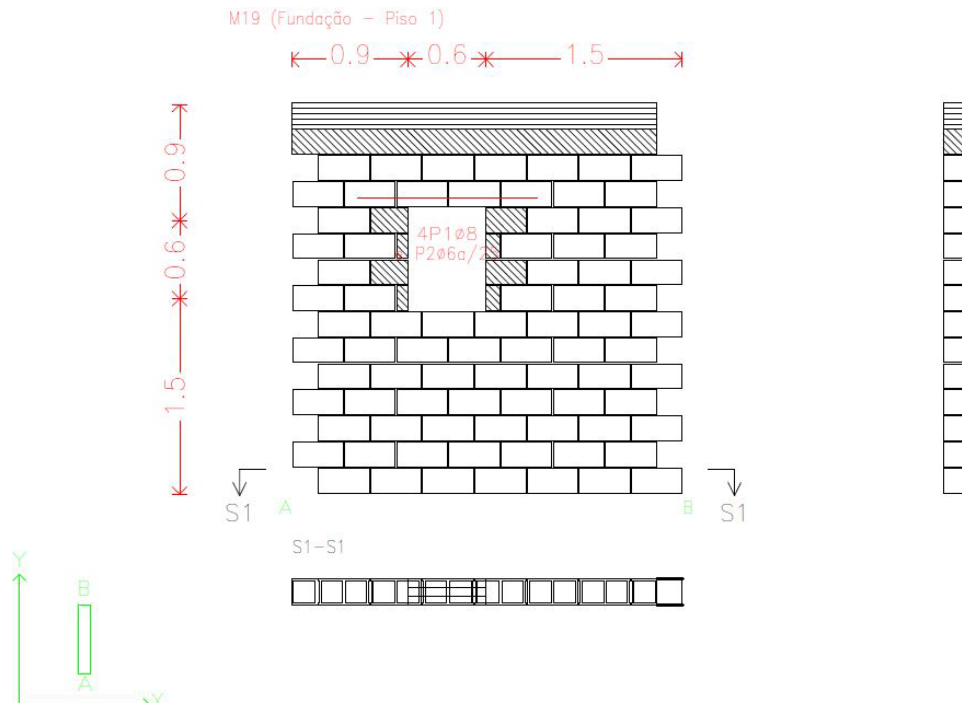
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

12: Detalhe estrutural do muro 17.



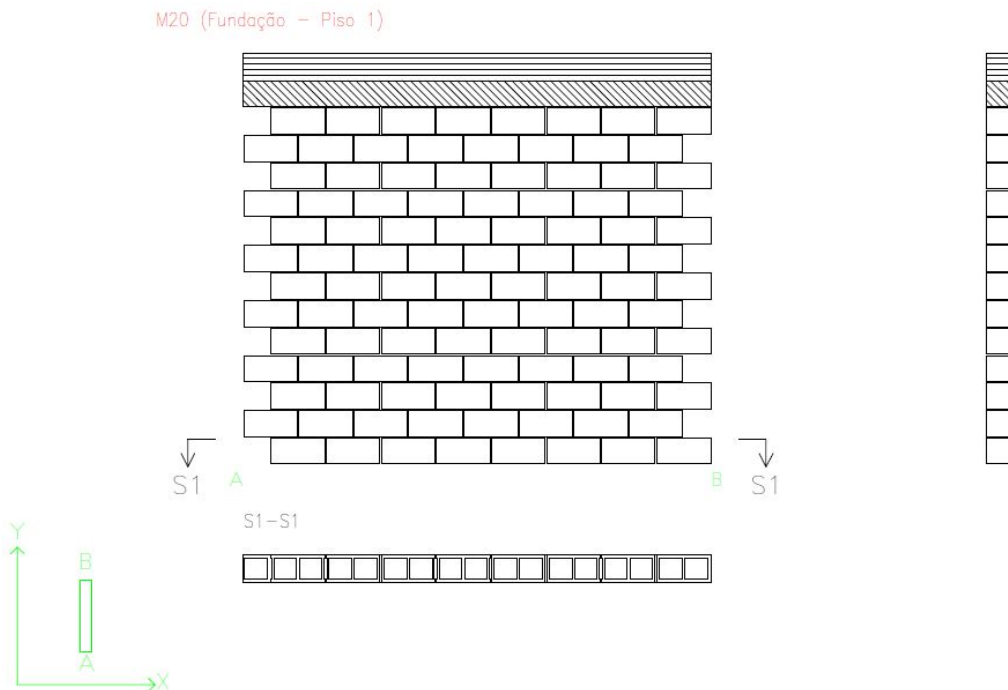
Fonte: AUTOR (Abril, 2022).

13: Detalhe estrutural do muro 19.



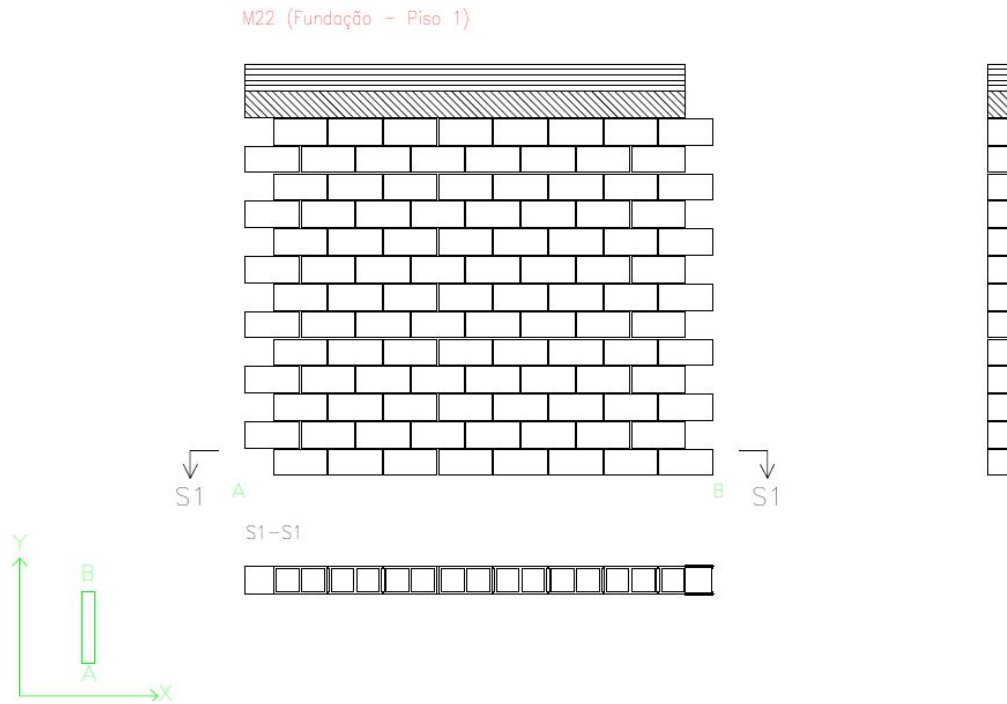
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

14: Detalhe estrutural do muro 20.



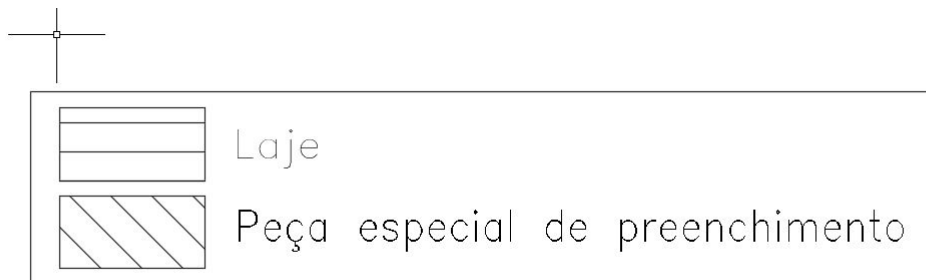
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

15: Detalhe estrutural do muro 22.



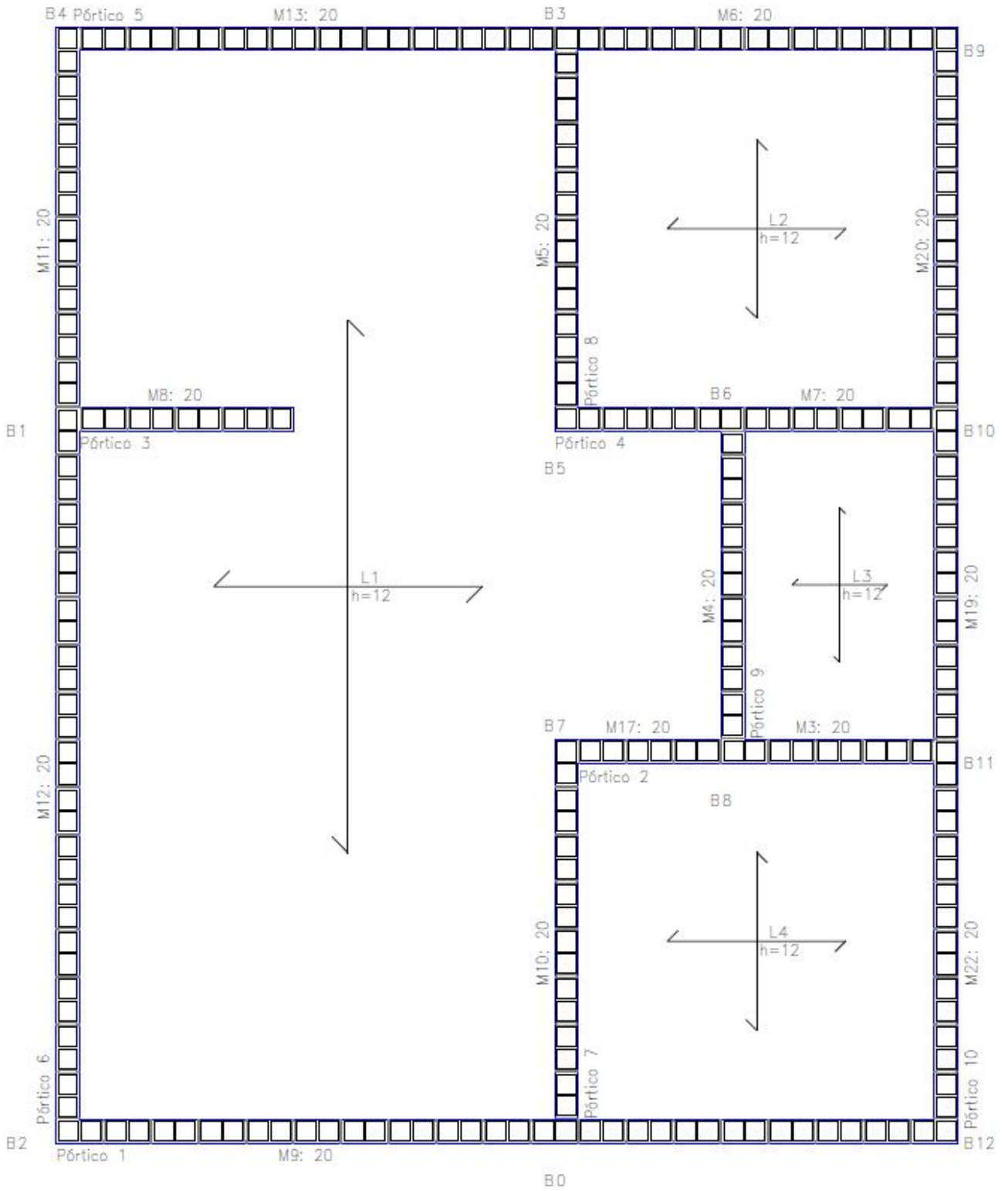
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

Legenda



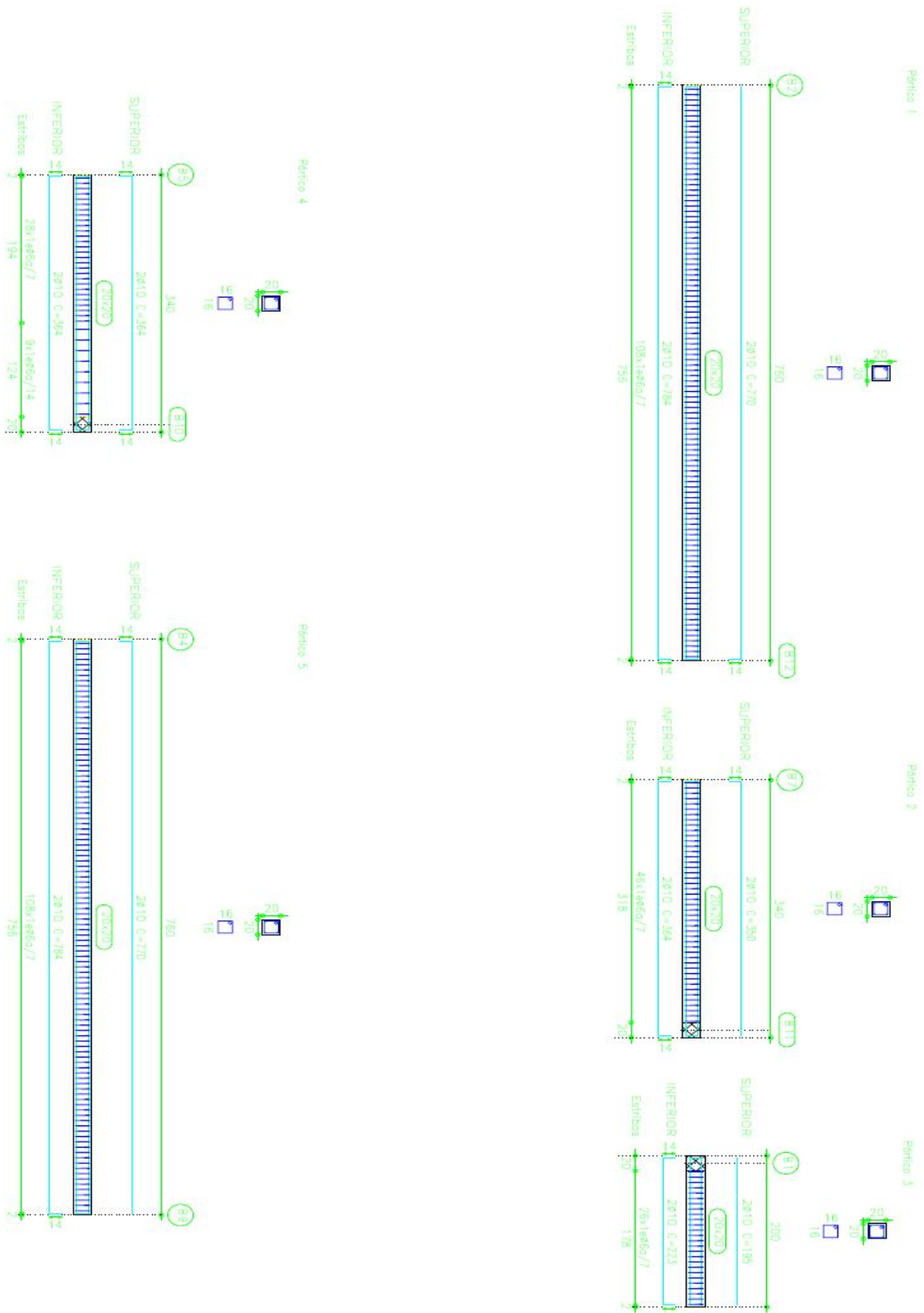
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

16: Nomenclatura dos pórticos.



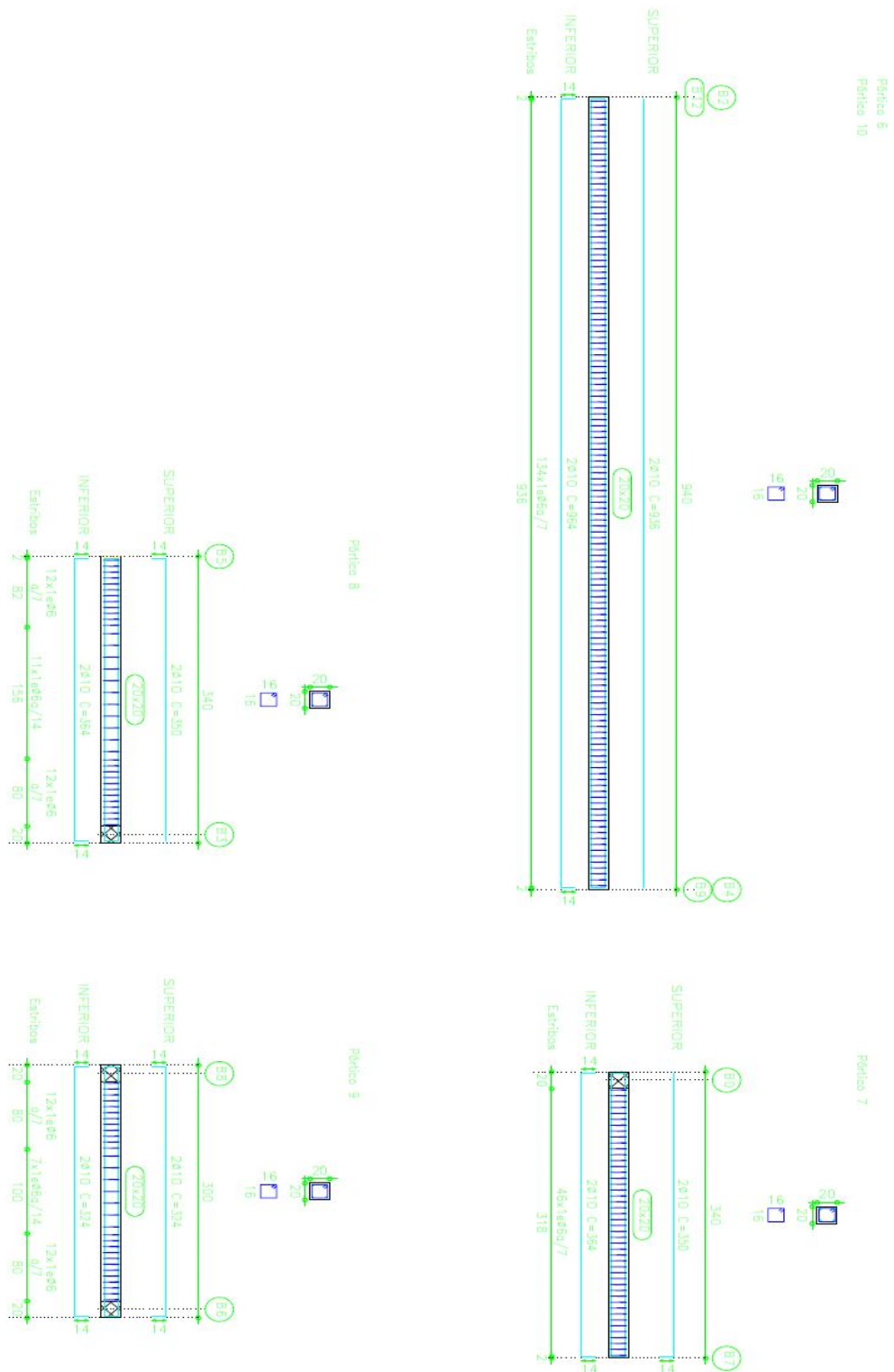
Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

18: Detalhe estrutural dos pórticos 1, 2, 3, 4 e 5.



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

19: Detalhe estrutural dos pórticos 6, 7, 8 e 9.



Fonte: (AUTOR, Abril, 2022).

ANEXO D: Cotações.

1: Cotação da INTERMETAL

INTERMETAL NAMPULA LDA
 Av. Paulo Samuel Khankomba 28/42

NAMPULA
 Tel :26213015
 Fax :26213016
 BALCAO : 26212926
 NUIT 400.027.722
 Email: venda.intermetal@gmail.com
 Whatsapp
 +258 865739665

COTAÇÃO
 Temos os melhores preços de Moçambique. Fale connosco prefira os nossos produtos com QUALIDADE INTERMETAL

Fatura Proforma
original

Nº 2022/109255
Data: 2022-04-14

Este documento não serve de fatura

UNIVERSIDADE POLITECNICA
 REPTO-IMEP
 NAMPULA

INTERMETAL, LDA
NÃO VÁLIDO PARA CONTABILIDADE

Vencimento	Condições	Vend.	NIB: 00010000005093935757	Cliente Nº	Contribuinte Nº
17/04/2022	Pagamento a 3 dias	7	CONTA BIM: 50939357	570	400007470

Referencia	Descrição	Quant.	Unid.	Unitario	Valor	%1	%2	PP	IVA
100010	VARAO NERV. 6 M/M +/-1,29KG	1.00	UNID	195.00	195,00 MT				17%
100006	VARAO NERV. 8 M/M +/- 2,35 KG	1.00		240.00	240,00 MT				17%
100007	VARAO NERV. 10 M/M +/- 3.56 KG	1.00	4,5KG	385.00	385,00 MT				17%

Incidencia de IVA	Taxa	Valor de IVA
700,85 MT	17%	119,15 MT

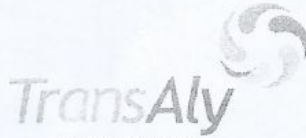
Valor ilíquido	820,00 MT
VALOR TOTAL	820,00 MT

BIM: 50939357 Standard:3010224791007 BCI:775777010001 Moza:702185910001

Início de carga: 14/04/2022 às 11H27
 Local de carga: Nossas instalações
 Local de descarga: Morada do cliente
 Processado por computador

Transporte: Vossa Vialura

2: Cotação da TRANSALY



Betão Pronto

Av. da União Africana, nº 4875
Parque Industrial da Matola - Matola
Tel: +258 21 722 497/824646070/845825407
Fax: +258 21 722 497
E-mail: geral@transaly.com
NUIF: 400122611 - NUEL: 16577

COTAÇÃO DE BETÃO	Nº 277
Dados do Cliente	
Contacto: E-Mail:	
Dados da Obra	
Localização: Nampula	

1. Betão

Qtd (m³)	Produto	Preço/m³	Custo (mt)
1,00	C20/25 S3 D22	8.839,00	8.839,00
		IVA à Taxa Legal de 17%	1.502,63
		Sub-Total 1	10.341,63

2. Serviço de Bombagem

Qtd (m³)	Preço/m³	Custo (mt)
	700,00	0,00
		IVA à Taxa Legal de 17%
		Sub-Total 2

3. Deslocação da Bomba (Taxável em fornecimentos inferiores a 12m3)

Qtd (m³)	Preço	Custo (mt)
	8.400,00	0,00
		IVA à Taxa Legal de 17%
		Sub-Total 3

4. Total Geral (Produto + Bombagem + Deslocação)

10.341,63

5. Pagamentos

5.1 Os pagamentos serão feitos por depósito ou transferência para as contas bancárias (em meticals):

Conta BIM - 172855165	NIB BIM - 0001.0000.00172855165.57
Conta BCI - 570369810001	NIB BCI - 0008.0000.05703698101.80
Conta ÚNICO - 48309	NIB B. ÚNICO - 0043.0000.0000004830907
Conta S.BANK - 1085322931009	NIB S. BANK - 0003 0108.0532293100987
Conta MOZA - 29463410001	NIB MOZA - 0034 0000.0029463410179

5.2 Esta cotação é válida pelo período de 15 dias de calendário